Nähe und Distanz zur Technik –

Methoden zur Förderung Technischer Bildung

Leicht veränderte Fassung der im Jahr 2019
an der Philosophisch-Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Augsburg
vorgelegten Habilitationsschrift
zur Feststellung der Lehrbefähigung im Fach
Wirtschafts- und Berufsdidaktik

Dr. Michael Köck

Mitglieder des Fachmentorats:

Prof. Dr. Karin Aschenbrücker, Universität Augsburg (Vorsitzende)

Prof. Dr. Klaus Bredl, Universität Augsburg

Prof. Dr. Alfred Riedl, Technische Universität München

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung I

1 Wesen der Technik und Technikbegriff 1

2 Geschichte technischer Bildung und ihrer Methoden 10

2.1 Technische Bildung in der vorwissenschaftlichen Phase 13

2.2 Vom Handwerker zum Techniker – Technische Bildung im Übergang 23

2.3 Institutionalisierung und Konturierung technischer Bildung im Zeitalter der Entstehung der Technikwissenschaften 35

2.3.1 Polarisierung von allgemeiner und beruflich-technischer Bildung 36
2.3.2 Entwicklung und Ausgestaltung des Dualen Systems 42
2.3.3 Konturen und Entwicklung einer allgemeinbildenden technischen Bildung 49

3 Methodologische Aspekte technischer Bildung 67

3.1 Allgemeine Strukturüberlegungen zu Unterrichtsmethoden 71

3.2 Strukturüberlegungen zu Methoden technischer Bildung 74

3.3 ZIEL-System als Grundlage für methodische Entscheidungen 78

4 Methodenaufklärung durch pädagogische bzw. technikdidaktische Aspekte 82

4.1 Welche Ziele werden im Rahmen technischer Allgemeinbildung angestrebt? 83

4.1.1 Bildungstheoretische Vorüberlegungen 86
4.1.2 Ausgangspunkt für die Zielfindung - Schlüsselprobleme, Schlüsselchancen und Schlüsseltechnologien 90
4.1.3 Ausgangspunkt: Technisch geprägte Lebens- und Handlungssituationen 95
4.1.4 Konkretisierung der Lernziele technischer Bildung 102
4.1.4 Exkurs: Probleme und Chancen im Kontext von Technik und technischer Bildung 106
4.1.4.1 Technik und Bildung bzw. Qualifizierung 106
4.1.4.2 Technik und Ökonomie bzw. Konsum 110
4.1.4.3 Technik und Arbeit 115
4.1.4.4 Technik und Politik 117
4.1.4.5 Technik und Natur 119

4.2 Inhalte technischer Allgemeinbildung 120

4.2.1 Naturwissenschaftliche Grundlagen 122
4.2.2 Sachtechnik 123
4.2.3 Technische Handlungen und Methoden 129
4.2.4 Technikgeschichte 135
4.2.5 Technikbewertung 137

4.3 Bedingungen der Erkenntnisgewinnung aus pädagogischer Sicht 142

4.3.1 Gestaltung der Lernumgebung und Lernsituation 143
4.3.2 Erkenntnisförderung durch Anpassung der Inhalte 147

4.4 Lernhilfen aus pädagogischer Sicht 150

4.5 Zusammenfassung 154

5 Methodenaufklärung durch methodologische Aspekte der Technik- und Humanwissenschaften 156

5.1 Ziele und Erkenntnisinteressen der mit Technik befassten Wissenschaften 157

5.2 Untersuchungsgegenstände der mit Technik befassten Wissenschaften 162

5.3 Grundsätzliche wissenschaftliche und erkenntnistheoretische Methodenkonzeptionen 164

5.4 Wissenschaftliche Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden 167

5.5 Zusammenfassung ... **171**

6 Methodenaufklärung durch psychologische Aspekte ... **174**

6.1 Angestrebte Wissens- und Verhaltensarten ... **174**

6.2 Anforderungen an Lerninhalte aus psychologischer Sicht ... **177**

6.3 Qualität des Lernprozesses ... **179**

6.4 Lernstrategien als Lernhilfen ... **183**

6.5 Zusammenfassung ... **188**

7 Methoden technischer Bildung ... **191**

7.1 „Klassische“ Methoden technischer Bildung ... **191**
7.1.1 Erschließung außerschulischer Lernorte im Rahmen technischer Bildung am Beispiel Betrieb . 191
7.1.1.1 (Betriebs-)erkundung ... 192
7.1.1.2 Betriebspraktikum ... 195
7.1.2 Fallstudie ... 196
7.1.3 Herstellungsaufgabe mittels Leittextmethode ... 198
7.1.4 Nacherfinden bzw. Konstruktionsaufgabe ... 201
7.1.5 Projekt ... 208
7.1.6 Technisches Experiment ... 211
7.1.7 Szenario-Technik ... 213
7.1.8 Simulationen ... 215
7.1.9 Werkbetrachtung, Werk- oder Produktanalyse ... 223

7.2 Alternative Methoden zur Technikbewertung und Kreativitätsförderung ... **225**
7.2.1 Brainstorming/ Brainwriting ... 227
7.2.2 Bionik ... 228
7.2.3 Bürger-Konsensuskonferenz ... 228
7.2.4 Produktprüfung und Benutzertest ... 230
7.2.5 Checklisten ... 232
7.2.6 Delphi-Expertenumfrage ... 233
7.2.7 Trendextrapolation und historische Analogiebildung ... 234
7.2.8 Morphologische Klassifikation (Morphologischer Kasten) ... 236
7.2.9 Wechselwirkungsanalyse ... 237
7.2.10 Nutzwert-Analyse ... 239

8 Studie: Beeinflussung des technikbezogenen Selbstkonzepts durch simulative Medienelemente ... **242**

8.1 Grundsätzliche Fragestellungen ... **242**

8.2 Forschungsstand ... **244**
8.2.1 Evaluationsstudien zum Lernen mit rechnergestützten Medien ... 244
8.2.2 Evaluationsstudien zum Lernen mit rechnergestützten Simulationen ... 246
8.2.3 Instrumente und Studien zu technikbezogenen Einstellungen, Interessen und Selbstbildern ... 249

8.3 Theoretische Basis für die Evaluationsstudie ... **253**
8.3.1 Das Selbstkonzept im Lernprozess ... 254
8.3.2 Das Technikbezogene Selbstkonzept (TSK) ... 258

8.4 Untersuchungs- bzw. Forschungsdesign ... **259**
8.4.1 Quantitativer Zugang ... 260
8.4.1.1 Theoretische Vorüberlegungen des quantitativen Ansatzes ... 260
8.4.1.2 Forschungsdesign ... 261
8.4.2 Qualitativer Zugang ... 263
8.4.2.1 Theoretische Grundlagen des qualitativen Ansatzes ... 264
8.4.2.2 Forschungsdesign ... 267

8.5 Darstellung und Ergebnisse der quantitativen Untersuchung ... **270**
8.5.1 Ziele der Studie und zentrale Hypothesen ... 270

8.5.2 Stichprobe und Versuchsdurchführung ... 270
8.5.3 Deskriptive und interferenzstatistische Datenanalyse ... 273
8.5.3.1 Charakterisierung der Stichproben ... 277
8.5.3.2 Analyse von Messwertdifferenzen über alle Studienteilnehmenden hinweg ... 281
8.5.3.3 Datenanalyse nach geschlechtsspezifischen Unterschieden ... 283
8.5.3.4 Datenanalyse nach Mediennutzungsgruppen ... 288
8.5.3.5 Datenanalyse nach Mediennutzungsgruppen und Geschlecht ... 290
8.5.4 Resümee ... 294

8.6 Darstellung und Ergebnisse der qualitativen Untersuchung ... 297
8.6.1 Stichprobe und Datenaufbereitung ... 297
8.6.2 Quantitative und qualitative Auswertung der Falldokumente ... 304
8.6.2.1 Analyse der Textstellen zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ ... 304
8.6.2.2 Analyse der Textstellen zur Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ ... 334
8.6.3 Resümee ... 352

8.7 Ergebnis- und Methodenreflexion ... 354

9 Verzeichnisse ... 367

9.1 Literaturverzeichnis ... 367

9.2 Abbildungsverzeichnis ... 413

9.3 Tabellenverzeichnis ... 415

10 Anhang ... 419

10.1 TSK-Skalen. Technikbezogenes Selbstkonzept ... 419

10.2 Codebuch ... 421

10.3 Beschreibung der eingesetzten simulativen Elemente ... 426

Zusammenfassung

Was bis vor einigen Jahren nur in Hollywoodfilmen bestaunt werden konnte, ist heute Realität: Tragbare Telefone, virtuelle Welten, Laserwaffen oder künstliche Gliedmaßen. Immer schneller holt die Technik die Zukunft ein. Sie steht für Wünsche und Verwünschungen, für Heilsversprechen und Kulturpessimismus. Kontinuierlich, so scheint es, rückt sie näher an den Menschen heran und nimmt ihn in Beschlag. Gleichzeitig erleichtert sie vieles und macht sich unentbehrlich. Bei alledem verändert sie den Menschen, sein Leben und seine Lebensumstände tiefgreifend. Das eine Mal schleichend, manchmal aber auch brutal und schlagartig und dann selbst für Experten in einer unvorhergesehenen Art und Weise.
Wirtschaft, Wissenschaft, Beruf, Haushalt oder Freizeit – es gibt keinen Bereich, in den Technik und Technologien nicht vehement vordringen. Als Folge davon müssen Verhalten und Handlungsweisen immer wieder aufs Neue adaptiert oder formiert werden. Das dazu erforderliche Handlungsvermögen für eine aufs Engste mit der Technik verflochtenen Gesellschaft zu organisieren, ist Aufgabe der Politik. Individuelles Handlungsvermögen zu realisieren, ist Aufgabe technischer Bildung.
An allgemeinbildenden Schulen wird dieser Aufgabe entweder im Rahmen einzelner Fächer oder überfachlicher Einheiten entsprochen. Die in den letzten Jahren gewachsene Nachfrage nach technikbezogenen Bildungsangeboten zeigt allerdings, dass Schulen allein den Bedarf kaum decken können. Entsprechende Maßnahmen finden sich in Kindertageseinrichtungen genauso wie in Volkshochschulen oder in den Programmen regionaler Entwicklungsgesellschaften. Das gemeinsame Ziel dieser Bildungsformate ist es, bei der jeweiligen Zielgruppe eine Art Navigationssystem anzulegen, das eine Orientierung zwischen Nähe und Distanz zur Technik ermöglicht.
Individuell bedarf es dazu der Aneignung domänenspezifischer Kompetenzen, die in vielfacher Weise auf technikbezogenen Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden aufruhen. Sie zu identifizieren und für technische Bildungsprozesse nutzbar zu machen, ist eine Aufgabe für fach- bzw. technikdidaktische Forschung und Praxis. Die Überlegungen, die hierbei eine Rolle spielen können, bilden einen Schwerpunkt dieser Arbeit.
Sie hat es sich zum Ziel gesetzt, zu begründeten Methodenentscheidungen im Bereich technischer Allgemeinbildung beizutragen. Dafür werden Charakteristika der Technik, die Geschichte technischer Bildung und ihrer Methoden sowie Auswahl und Einsatz von Methoden zum Gegenstand systematischer Betrachtungen gemacht. Vorgestellt wird ein System an Auswahlschritten und Kriterien für die Methodenreflexion im Rahmen technischer Bildungsprozesse. Die Argumentation stützt sich auf pädagogische, technikdidaktische, wissenschaftstheoretische und psychologische Aspekte. In einer Charakterisierung gebräuchlicher und weniger gebräuchlicher Methoden für technische Bildungsprozesse findet dieses System punktuell seinen ersten Anwendungsfall.
Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit liegt im Anspruch begründet, dass das, was theoretisch entwickelt wird, seine Evidenz auch empirisch unter Beweis stellen sollte. Eingelöst wird dieser Anspruch in einer Untersuchung zur Wirkung simulativer Medienelemente auf das technikbezogene Selbstkonzept.
Insgesamt gliedert sich die Arbeit in acht Kapitel, die im Anschluss kurz vorgestellt werden.

Das **erste Kapitel** dient dazu, Wesen und Struktur der Technik näher zu charakterisieren. Es versteht sich als Basis für die nachfolgenden Kapitel. Ausgangspunkt der Überlegungen sind die entwicklungsgeschichtliche Bedeutung der Technik, ihre umweltverändernde Kraft, der Zu-

sammenhang zwischen technischer Entwicklung und ökonomischen Verwertungsinteressen sowie die damit einhergehende zunehmende Integration der Technik in den privaten und öffentlichen Bereich. Alle diese Aspekte weisen die Technik als komplexes Phänomen aus. Ihre Wesenheit aufzudecken, versprechen vor allem philosophische Betrachtungen. Entsprechende Deutungsansätze dechiffrieren die Technik als Manifestation menschlicher Selbsterkenntnis und menschlichen Veränderungswillens, als Urhumanum. Unterlegt wird diese Sichtweise mit verschiedenen Argumenten. Dazu zählt die Bindung der Technik an Interessen und Bedürfnisse, die unbedingte Zweckorientierung, die In-Dienst-Stellung als Prothese oder die Vorstellung von der Technik als zweiter Natur des Menschen.
Ein weiterer Deutungsansatz nimmt die Eigendynamik der technologischen Entwicklung in den Blick. Sie scheint zu einer unaufhaltsamen Verschiebung von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten zu führen. Mensch und Gesellschaft, die sich lange Zeit in der Rolle des Herrschers über die Technik wähnten, sind nach diesem Ansatz mehr und mehr zur Passivität verurteilt. Das nähre das Gefühl von Unsicherheit. Solchen Überlegungen entgegengehalten wird, dass die Technik immer nur das Resultat menschlicher Handlungen darstellt, sie also nicht losgelöst von der sie hervorbringenden Kultur gesehen werden kann.
Für den Einzelnen bedeuten Expansion und Fortschritt der Technik ein hohes Maß an Selbstverpflichtung. Denn wer in dieser Kultur handlungs- oder gestaltungsfähig sein will, muss sich der technikbezogenen Handlungen und Methoden bemächtigen. Die Prozesshaftigkeit und Methodizität der Technik in individuelle Kompetenzen zu überführen, ist ein beständiger Auftrag für technikbezogene Bildungsbemühungen.

Das **zweite Kapitel** widmet sich der Geschichte technischer Bildung und ihrer Methoden. Mit jedem Artefakt oder technischem System sind bestimmte Abläufe und soziale Handlungsweisen verknüpft, die sich Hersteller und Nutzer aneignen bzw. in denen sich Betroffene zurechtfinden müssen. Die institutionellen Bestrebungen, diese Aneignungs- oder Reflexionsprozesse zu unterstützen, werden heute mit dem Begriff „Technische Bildung“ umschrieben. Gleichzeitig meint Technische Bildung auch das individuelle Ergebnis dieser Erziehungs- und Vermittlungsbestrebungen. Freigestellt von Konnotationen kann der Begriff auch für eine geschichtliche Analyse der Lehr- und Lernformen zum Erwerb technischen Handlungsvermögens verwendet werden. Eine solche geschichtliche Analyse macht aus verschiedenen Gründen Sinn. Deutlich wird dabei nämlich, dass die Aneignungsformen technischen *know hows* den jeweils vorherrschenden Erkenntnis- und Erfahrungsformen folgen und diese wiederum kulturell geprägt sind. Die Geschichte Technischer Bildung ist daher als Sozial- und Technikgeschichte zu lesen. Qualifikationskonzepte und -institutionen erklären sich aus der Anatomie der politischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Verhältnisse und dem Stand des vorhandenen technisch-konstruktiven Wissens und Vermögens.
Offensichtlich wird in einer solchen Rückschau auch die ganze Bandbreite an Ansprüchen gegenüber technischen Bildungsprozessen. Sie reichen von der Ausformung psycho-physischer Dispositionen beim einzelnen Individuum über Vorstellungen zur ökonomischen Leistungsfähigkeit ganzer Gesellschaften bis hin zu den machtpolitischen Interessen einzelner Staaten. Entsprechende Konzepte und pädagogische Ideen – auch das macht die geschichtliche Analyse deutlich – weisen mitunter ein gehöriges Beharrungsvermögen auf, so dass sie am Ende nur mehr mit Tradition begründet werden können. Generell offenbart der geschichtliche Rückblick die schwierige Aufgabe, technischen Bildungsformaten einen institutionellen Rahmen zu geben und sie curricular angemessen einzugrenzen. Drängender wird diese Aufgabe vor allem ab der Neuzeit, da sich hier politische und wirtschaftliche Interessen mit den aufkeimenden Naturwissenschaften verbinden. Eine Konsequenz ist, dass neben das Erfahrungs- und Werkstattwissen des Handwerks das abstraktere, aber zur vorausschauenden Planung befähigende Wissen des Technikers und Ingenieurs tritt. Technische Bildungsprozesse lösen sich indes nur langsam aus dem Zuständigkeitsbereich des Handwerks.

Die teils bis heute strukturprägenden institutionellen Pfade für die allgemeine und berufliche technische Bildung werden erst im 19. und frühen 20. Jahrhundert angelegt. Technische Bildung an allgemeinbildenden Schulen fußt dabei auf verschiedenen Traditionen. Dazu zählen die Arbeitsschulbewegung oder der Werkunterricht. Neuen Schub bekam die Idee, technische Allgemeinbildung stärker zu formieren, im Zuge der Einführung der Arbeitslehre in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts. Dabei erfuhr auch das Methodenrepertoire zur Förderung des technischen Handlungsvermögens eine deutlichere Reflexion und Ausweitung.
So wie sich technische Bildungsformate stets unter dem Eindruck neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, mathematischer Methoden, technologischer Entwicklungen und ökonomischer Zwänge verändern mussten, so steht die technische Bildung auch heute vor neuen Herausforderungen. Eine davon ist die gewachsene Bedeutung des immateriellen Teils der Technik – der Informationen, Daten und Signale.

Kapitel 3 dient der Begründung der methodologischen Überlegungen, die dann in den sich anschließenden drei Kapiteln näher ausgeführt werden. Ziel ist es, ein System an Schritten und Kriterien vorzustellen, das dabei helfen kann, Methodenentscheidungen in technischen Bildungsprozessen weniger zufällig zu machen. Ausgangspunkt sind grundsätzliche Betrachtungen zu Unterrichtsmethoden und den Methoden im Bereich der Technik. Methoden im Lehr- und Lernprozess dienen u.a. der Zielerreichung, Sachbegegnung, Rahmung und Lernhilfe. Methoden im Bereich der Technik sichern das Handlungsvermögen der dort Tätigen. Im Rahmen technischer Bildungsprozesse sind die technischen Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden sowohl Lehr- und Lernmethoden, als auch Ziel und Inhalt.
Die zielgerechte Auswahl, Modifikation oder Gestaltung von Methoden für technische Bildungsprozesse stellt ein Problem dar, das nur aufgrund struktureller Überlegungen zufriedenstellend gelöst werden kann. Solche strukturellen Überlegungen finden sich in den technikdidaktischen Diskursen. Die dort fokussierten Methoden werden vor allem im Hinblick auf die Ziel- und Sachdimension hin klassifiziert. Andere Aspekte, wie die Angemessenheit der Methoden im Hinblick auf Erkenntniswege oder Lernförderlichkeit, werden dagegen eher defizitär behandelt. Das gilt auch für die Reichweite des Methodenrepertoires. Es bleibt stark auf Fachtraditionen und curriculare Schwerpunktsetzungen fixiert. Dabei deutet eine Analyse der technik- oder humanwissenschaftlichen Methodik darauf hin, dass der Fundus an Methoden technischer Bildung keineswegs ausgeschöpft ist. Als Beispiel lassen sich die vielfältigen Methoden zur Technikbewertung anführen, die bislang kaum Eingang in die technikdidaktische Methodenliteratur gefunden haben. Die Identifizierung, Analyse und Auswahl von Lern- und Unterrichtsmethoden für den Bereich technischer Bildung sollte jedoch sowohl dem zu durchdringenden Gegenstandsbereich als auch dem Erkenntnisprozess des lernenden Subjekts ausreichend Beachtung schenken.
Aus der Auswertung (technik-)didaktischer Methodenreflexionen ergeben sich vier Schritte, die versprechen, dieser Aufgabenstellung gerecht zu werden. Die Schritte beziehen sich auf folgende Punkte: **Z**iele, **I**nhalte, **E**rkenntnisgewinnung und **L**ernhilfe (ZIEL-Schema). Ausgehend von spezifischen Fragen lassen sich die Aspekte weiter reflektieren: (1) Was soll mit der Methode erreicht werden? (2) Woran soll es erreicht werden? (3) Wie gelangt der Lerner innerhalb der Methode grundsätzlich zu Einsicht, Erkenntnis oder Erfahrung? (4) Wie kann der Lernprozess unterstützt werden bzw. welche Lernhilfen sollte die Methode integrieren?
Kriterien zur Beantwortung dieser Fragen finden sich in den wissenschaftlichen Disziplinen, die sich dem Verhältnis zwischen den Elementen des Erkenntnisgeschehens im Rahmen unterrichtlicher oder wissenschaftlicher Methoden in besonderer Weise zuwenden. Bei diesen Elementen handelt es sich einmal um das Objekt, in unserem Fall den technischen oder von der Technik induzierten Sachverhalt, um die Methode diesen Sachverhalt zu erschließen und um das lernende oder forschende Individuum.
Aufschluss über die Beziehungen dieser Elemente untereinander versprechen pädagogisch-

technikdidaktische, psychologische und auf die Technik- und Humanwissenschaften bezogene wissenschaftstheoretische Erkenntnisse. Aus Richtung einer jeden der genannten Wissenschaftsdisziplinen kann mit einer Aufklärung für eine bestimmte „Paarbeziehung“ im Verhältnis von Objekt, Methode und Subjekt gerechnet werden. Pädagogisch-technikdidaktische Überlegungen beziehen sich vor allem auf das Verhältnis zwischen Subjekt und Objekt. Psychologische Erkenntnisse liefern Hinweise auf die Erfordernisse der Methode im Hinblick auf die kognitiven und motivationalen Belange des lernenden Subjekts. Wissenschaftstheoretische Überlegungen wiederum fokussieren vor allem die Eignung von Methoden in Bezug auf einen bestimmten Erkenntnisgegenstand. Trotz dieser besonderen „Paarbeziehung“ können alle fokussierten Wissenschaftsdisziplinen Kriterien für die einzelnen Auswahlschritte des ZIEL-Schemas beisteuern.

In **Kapitel 4** werden die für Methodenentscheidungen in technikorientierten Bildungsprozessen relevanten Aspekte entlang der in Kapitel 3 skizzierten ZIEL-Auswahlschritte aus pädagogischer bzw. technikdidaktischer Sicht dargelegt. Die Argumentation orientiert sich weitgehend an bestehenden technikdidaktischen Konzeptionen, ohne diese gänzlich zu übernehmen. Der Grund dafür ist, dass die vorgestellten Überlegungen über schulartspezifische Ausformungen technischer Allgemeinbildung hinausreichen sollen.
Im ersten Abschnitt zur Identifizierung und Legitimierung von (Bildungs)zielen wird ausgehend von allgemeinen bildungstheoretischen Positionen ein Gerüst vorgestellt, mit dem sich Ziele bestimmen oder vorhandene Ziele argumentativ zurückverfolgen lassen. Ausgangspunkt für Zieldefinitionen ist dabei das Lebenssituationskonzept sowie das Schlüsselproblemkonzept, das um den Punkt Schlüsselchancen erweitert wird. Für Methodenentscheidungen bedeutsam ist dabei die Frage, welche Erkenntnis- oder Verhaltensperspektiven diese Probleme, Chancen oder zu bewältigenden Lebenssituationen einfordern und an welchen konkreten Inhalten dann Erkenntnisse, Verhalten oder Handlungsvermögen ausgeformt werden sollen.
Die enge Bezugnahme der Zielsetzungen technischer Bildung auf wirtschaftliche, gesellschaftliche oder technologische Entwicklungen und ihre Rückwirkung auf individuell zu bewältigende Lebenssituationen ist Anlass für einen Exkurs in diesem Kapitel. Exemplarisch werden an verschiedenen Punkten Probleme und Chancen erörtert, die bei der Zielfindung technischer Bildungsprozesse Berücksichtigung finden können.
Der Inhaltsbezug von Methoden, die ja entweder der Sachbegegnung dienen oder selbst Lerngegenstand sind, verlangt nach einem genauen Blick auf mögliche Lerngegenstände technischer Allgemeinbildung. Als solche werden naturwissenschaftliche Grundlagen, Sachtechnik, technische Handlungen und Methoden, Technikgeschichte und Technikbewertung identifiziert und genauer analysiert.
Methoden für technikbezogene Bildungsformate stehen im Dienst der Erfahrungs- und Erkenntnisförderung. Aus pädagogischer Perspektive ist dies Auftrag, Lerner und Lerngegenstand näher aufeinander zuzubewegen. Hierzu bestehen grundsätzlich zwei Optionen. Eine Option liegt in der Konstitution der Lernsituation, eine andere in der Bearbeitung der Inhalte. In beiden Fällen kommt dem Erziehungs- und Bildungspersonal eine bedeutende Rolle zu. Das gilt in gleicher Weise für die verschiedenen Formen von Lernhilfen, die sich zum Beispiel mittelbar durch die Strukturierung der Lernsituation oder unmittelbar durch ein enges „Meister-Lehrlings-Verhältnis“ realisieren lassen.

Auf der Suche nach Kriterien für Methodenentscheidungen befasst sich **Kapitel 5** mit grundsätzlichen Fragen der Erkenntnisgewinnung. Relevant sind hierbei Aspekte der Wissenschafts- oder Erkenntnistheorie. Von dort aus betrachtet, sind Methoden planmäßig und systematisch angelegte Versuche des Weltverstehens. Mit wissenschaftlichen Methoden sollen Phänomene beschrieben und geordnet werden, Erklärungen gefunden und Prognosen ermöglicht werden.

Zwischen den wissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung und den Unterrichtsmethoden besteht somit ein Zusammenhang. Als erprobte „Wege der Erkenntnis“ kann den wissenschaftlichen Methoden sogar eine gewisse Modellfunktion für Unterrichtsmethoden zugebilligt werden.
Eine besondere Stellung für die erkenntnisgeleitete Durchdringung der Technik nehmen selbstverständlich die Methoden der Natur- und Technikwissenschaften ein. Für die breiten Belange technischer Allgemeinbildung können sie aber kaum als alleinige Bezugswissenschaften herhalten. Zur Erfassung der individuell-sozialen Ursachen der Technik, ihrer wirtschaftlichen, gesellschaftlichen oder politischen Voraussetzungen und Folgen kommen daher auch methodische Ansätze anderer wissenschaftlicher Disziplinen in Betracht.
Gleichwohl sind die Ziele und Forschungsgegenstände der Technikwissenschaften für die Methodenaufklärung aus wissenschaftstheoretischer Perspektive von besonderem Interesse. Angenommen wird, dass die in den Technikwissenschaften angehäufte Erfahrung bei der Zuordnung von Methoden zu Zielen und Forschungsgegenständen konkrete Hinweise für die Gestaltung von Bildungsprozessen liefern kann. Vorrangiges Ziel der Technikwissenschaften ist es, die Charakteristika und Beziehungen von natürlichen Prozessen oder technischen Systemen zu erfassen und nutzungsgerecht aufzubereiten. Damit sollen in erster Linie die Voraussetzungen für eine methodengeleitete Antizipation, Gestaltung oder Bewertung technischer Objekte, Systeme und Verfahren geschaffen werden. Eine solche szientistische Durchdringung der Technik beansprucht für sich jeweils spezifische aufgaben- und problemangemessene Vorgehensweisen, die zum Teil zumindest auch anderen Wissenschaftsdisziplinen entlehnt werden können.
Näher an das Problem einer methodisch angemessenen Erkenntnisgewinnung führt dabei die Frage, was genau geklärt werden soll: Handelt es sich um eine Kausal-, Funktional- oder Intentionalerklärung? Da jede dieser Erklärungsformen in bestimmten Wissenschaftsdisziplinen beheimatet ist, lässt sich das interessierende Phänomen ggf. naturwissenschaftlich, technikwissenschaftlich oder sozialwissenschaftlich einordnen. Aus der Definition des erkenntnisleitenden Interesses, der angestrebten Erklärungsart und der Zuordnung zu einem Wissenschaftsbereich ergibt sich dann letztendlich das methodische Repertoire. Entschieden werden muss grundsätzlich zwischen einer praktischen, empirischen, hermeneutischen oder theoretischen Herangehensweise. Einen gewissen Sonderfall bei technischen Erkenntnis- und Gestaltungsprozessen stellen Intuition und Kreativität dar. Diese Phänomene, die auch in den Technikwissenschaften zunehmend Beachtung finden, sind noch nicht gänzlich geklärt, stehen aber anscheinend ebenfalls in einem engen Verhältnis zu planmäßigen Vorgehensweisen. Der Einsatz von kreativitätsfördernden Techniken und Methoden gilt gar als Beweis dafür, dass sich Intuition und Phantasie mit regelgeleitetem Vorgehen versöhnen lassen.
Die Übertragung einer an der technikinduzierten Aufgabenstellung orientierten und wissenschaftlich erprobten Methodik auf die Lernsituation verspricht eine Effektivierung des Lernprozesses und damit eine gewisse Lernhilfe. Zur Anwendung kann dabei eine ganze Reihe von Methoden kommen. Dazu zählen beispielsweise elementare (Arbeits-)Methoden wie das Zerlegen, Zusammenfügen oder Kombinieren, das Messen, Protokollieren oder Skizzieren. Eine bedeutsame Rolle bei allen technikwissenschaftlichen Aufgaben spielt ferner die Arbeit mit Messgeräten oder die Beobachtung eines Experimentalverlaufs. Daneben existieren in den mit Technik befassten Wissenschaftsdisziplinen eine ganze Reihe von (Arbeits)methoden im Umgang mit Technik oder technischen Problemen, die besonders für die Ingenieurarbeit eigentümlich sind. Dazu zählt beispielsweise die Konstruktionsmethodik. Zur Erfassung sozialer oder kultureller Effekte der Technik eignen sich die in den Technikwissenschaften dominierenden quantitativen Verfahren nicht in jedem Fall. Hier können qualitative Verfahren wie Dokumenten- oder Inhaltsanalysen sowie teilnehmende Beobachtungen ihr Anwendungsfeld finden.
Im Bereich der materiellen Erzeugung oder direkten Interaktion mit der Technik – z.B. bei der gewerblich-technischen Facharbeit – unterliegt die methodische Struktur der Vorgehensweise

dem spezifischen Profil einzelner Arbeitsaufgaben (z.B. Fertigungs-, Wartungs-, Instandhaltungsaufgabe). Die Handlungsfolgen werden generell von komplexen Abläufen innerhalb der Geschäfts-, Arbeits- oder Forschungsprozesse und insbesondere von speziellen Fertigungsverfahren oder Fertigungssystemen bestimmt. Der methodische Kern kann hier in der Abfolge der Phasen Planung, Durchführung, Kontrolle und Bewertung gesehen werden.
Hilfestellung für kreatives Denken bieten entsprechende Kreativitätstechniken. Beispiele für Methoden in diesem Zusammenhang sind die Analyse natürlicher Systeme (Bionik), die Galeriemethode, Mindmapping oder die Auswertung von Patenten.

Nach der wissenschaftstheoretischen Auseinandersetzung mit Methoden, die sich vorrangig dem Verhältnis Methode-Forschungsgegenstand zuwandte, richtet sich der Blick in **Kapitel 6** wieder stärker auf das lernende Individuum. Im Mittelpunkt des Abschnittes stehen ausgewählte psychologische Aspekte des Lernens, die bei der Analyse und Gestaltung von Methoden für technische Bildungsprozesse Beachtung finden sollten. Die Argumentation orientiert sich wieder am ZIEL-Schema.
Zunächst geht es um die kognitionspsychologischen Formate für die in den (Bildungs-)Zielen definierten Operatoren, also um die für das technische Handlungsvermögen erforderlichen mentalen Repräsentationen bzw. Regulationen. Thematisiert werden Wissensarten, motorische Fertigkeiten, Kreativität und Problemlösen sowie Motivation und Selbstkonzept.
Es spricht einiges dafür, dass sich Leistungsunterschiede zwischen Personen gerade im technischen Bereich aus der Verfügung über prozedurale Vorgehensweisen („Wissen wie“) ergeben, denen das Faktenwissen („Wissen was“) situativ zugeordnet wird. Erforderliche Komponenten für eine Realisierung technischer Handlungen sind beispielsweise inkorporierte Bewegungsprogramme, Wissen über notwendige Handlungsfolgen oder auch Wissen über Problemlösungsstrategien. Eine gewisse Erklärungsfunktion, besonders für technisch-berufliche Lernprozesse, wird in diesem Zusammenhang der so genannten Handlungsregulationstheorie zugebilligt. Sie fasst äußere Tätigkeitsabläufe und ihre intern steuernden psychischen Vorgänge zu sogenannten Regulationen zusammen. Für die Definition von Zielen im Rahmen technischer Bildung bietet dieser theoretische Ansatz den Vorteil, dass das jeweils erforderliche Wissen und Können hier nicht isoliert betrachtet wird.
Lerninhalte sollten aus lernpsychologischer Sicht verschiedene Kriterien erfüllen, auf die bei einer Sachbegegnung durch Methoden geachtet werden muss. Dazu zählen u.a. die Orientierung am Vorwissen der Lerner, der motivationale Anregungscharakter, ein lernförderlicher Komplexitätsgrad oder die Möglichkeit, den Lerninhalt aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten.
Erkenntnis- und Erfahrung sind lernpsychologisch gesehen das Resultat eines Informationsverarbeitungsprozesses. Nachhaltige Lernergebnisse sind nur dann zu erwarten, wenn die Informationen dauerhaft und zugleich veränderbar im Gedächtnis angelegt werden können. Welche Vorstellungen einerseits vom „Weg“ der Informationen aus der Umwelt in das Gedächtnis und andererseits von der Einarbeitung der Informationen in die Gedächtnisstrukturen existieren, ist Thema verschiedener Theorien. Sie werden überblicksartig dargestellt.
Unter dem Aspekt Lernhilfe schließlich werden Lernstrategien und Lerntechniken thematisiert. Dabei handelt es sich um Methoden zur Einarbeitung und Festigung von Gedächtnisinhalten, die der Lernende selbst zum Einsatz bringen muss. Durch Empfehlungen oder Übungen lassen sie sich aber im Rahmen von Methoden initiieren, unterstützen oder trainieren.

Kapitel 7 widmet sich dem Methodenrepertoire, das im Rahmen technischer Bildungsmaßnahmen zum Einsatz kommen kann. Zur Auswahl steht eine ganze Palette an erprobten „klassischen“ Methoden. Dazu zählen Methoden zur Erschließung der außerschulischen Realität genauso wie simulative oder gestaltende Methoden. Daneben findet sich in Forschung und Praxis

eine Reihe anderer Methoden und Verfahren zur Lösung technikbezogener Probleme und Aufgaben, deren stärkere Berücksichtigung in technikbezogenen Bildungsprozessen sinnvoll erscheint. Trotz ihres offensichtlichen Potenzials haben sie bisher nur vereinzelt Eingang in technikdidaktische Diskurse gefunden. Beispiele dafür sind etwa die Konsensus-Konferenz, die Arbeit mit Checklisten, die Wechselwirkungsanalyse oder der Morphologische Kasten. Einige dieser Methoden werden zusätzlich zu den „klassischen" Methoden vorgestellt. Dabei findet das in den vorausgehenden Kapiteln ausdifferenzierte ZIEL-System punktuell seinen ersten Anwendungsfall. Die damit vorgestellten Kriterien können helfen, Entscheidungen für oder gegen ein bestimmtes Verfahren didaktisch abzusichern sowie Methoden aus der Sphäre der (technischen) Wissenschaften oder der technischen Praxis für Bildungsprozesse nutzbar zu machen. Ausführlicher wird auf Simulationen eingegangen. Sie haben sich als Werkzeug und Erkenntnismethode sowohl in den Technikwissenschaften als auch in der technischen Praxis bewährt. Vorteile rechnergestützter Simulationen, wie Anschaulichkeit, Systemrückmeldungen und Erprobungsmöglichkeiten kommen auch im Bildungsbereich zur Geltung. Der Anwendung technikbezogener Simulationen stehen jedoch gerade im allgemeinbildenden Bereich einige Hürden oder auch Vorbehalte seitens der Lehrerinnen und Lehrer entgegen. Dabei verspricht der Einsatz in der technischen Allgemeinbildung eine Reihe positiver Effekte. Institutionell bieten didaktisch reduzierte Simulationen bzw. simulative Medienelemente eine Möglichkeit, den Anschluss allgemeinbildender Einrichtungen an die technologische Entwicklung zu halten. Individuell können Simulationen das konzeptuelle Verständnis über konstruktive, funktionale, naturwissenschaftliche oder soziotechnische Zusammenhänge fördern. Außerdem sind motivationale Effekte für den Lerner zu erwarten.

Kapitel 8 lenkt den Blick auf eine bestimmte Klasse medial unterstützter Methoden. Gegenstand dieses Kapitels ist die Frage, ob der Einsatz rechnergestützter Simulationen bzw. simulativer Medienelemente zu lernrelevanten Effekten führt. Im Mittelpunkt des Interesses stehen dabei nicht die mit Simulationen zu erreichenden Wissenszuwächse, sondern affektiv-motivationale Effekte. Konkret geht es um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Nutzung simulativer Medienelemente und der Genese des technikbezogenen Selbstkonzepts. Untersucht wurde dies im Rahmen einer ein Semester dauernden universitären Lehrveranstaltung mit Studierenden.

Nach einem Überblick über den Forschungsstand zur Untersuchung der Wirkung rechnergestützter Medien und Simulationen sowie einer Übersicht über Instrumente und Studien zur Erhebung technikbezogener Einstellungen und Selbstbilder wird das zentrale Konstrukt der Studie charakterisiert – das Technikbezogene Selbstkonzept. Der Ausformung und Entwicklung von Selbstkonzepten wird vor allem innerhalb der psychologischen Motivationsforschung nachgespürt. Generell lassen sich damit alle auf die eigene Person bezogenen Gedanken und Gefühle etikettieren. Einem anerkannten Ansatz folgend, kann analytisch zwischen einem allgemeinen Selbstkonzept und verschiedenen domänenspezifischen bzw. fachlichen Selbstkonzepten unterschieden werden. Das technikbezogene Selbstkonzept lässt sich als Teil des akademischen bzw. schulischen Selbstkonzepts definieren. Unabhängig von psychologischen Zusammenhängen können mit dem Begriff auch pädagogisch-didaktische Zielvorstellungen in Verbindung gebracht werden. Bezugspunkt ist in diesem Fall die Technikmündigkeit, die auf Souveränität des Individuums gegenüber der Technik abzielt und sich nicht ausschließlich mit fachlichem Wissen begründen lässt. Zur Technikmündigkeit gehört immer auch Wissen über und Vertrauen in das eigene technische Handlungsvermögen.

In der pädagogischen Psychologie zählt das Selbstkonzept zu den Größen, die am engsten mit schulischen Lernleistungen korrelieren. Selbstkonzept und Leistung stehen in einem wechselseitigen Zusammenhang. Aus technikdidaktischer Sicht ist die Förderung des technikbezogenen Selbstkonzepts daher ein didaktisches Gebot. Rechnergestützte Simulationen – so die Ausgangsthese – könnten aufgrund ihres motivationalen Potenzials dabei einen positiven Einfluss

ausüben.
Innerhalb der Studie bearbeiteten die beteiligten Studierenden Aufgaben zu verschiedenen Technikbereichen. Durch Randomisierung wurden sie in zwei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe konnte für die Lösung der Aufgaben auf rechnergestützte Materialien inklusive simulativer Medienelemente zugreifen, die andere Gruppe auf Papier-Manuale mit gleichem Informationsgehalt. Das Forschungsdesign integrierte einen quantitativen und qualitativen Ansatz. Mittels eines standardisierten Fragebogens wurden Pre- und Post-Testdaten zum Technikbezogenen Selbstkonzept erhoben. Das Instrument hierfür bildete ein vorhandener Fragebogen, der insgesamt 12 Skalen zu konativen, motivationalen und kognitiven Bezügen integriert. Durch den Einsatz von Lerntagebüchern konnten zudem motivationale Orientierungen zur Arbeit mit den Medienelementen sowie Einschätzungen zum Nutzen der damit transportierten Inhalte erfasst werden. Eine vorgegebene Begriffsliste fungierte als Hilfestellung und Anker für die Ausführungen in den Lerntagebüchern.
Auf der Basis üblicher statistischer Niveaus lassen sich aus dem quantitativen Teil der Untersuchung kaum eindeutige Vorteile der Nutzung simulativer Elemente gegenüber der Arbeit mit den Papier-Manualen ableiten. Unabhängig von der Art der genutzten Medien ergeben sich jedoch signifikante Zuwächse bei den Kompetenz- und Selbstwirksamkeitszuschreibungen der Beteiligten. Bei den männlichen Teilnehmern scheinen die Auswirkungen des Kurses auf das Technikbezogene Selbstkonzept zudem insgesamt und auch innerhalb der Simulationsgruppe etwas ausgeprägter zu sein.
Deutlicher wird ein möglicher positiver Einfluss der Simulationen auf motivationale Aspekte dagegen bei der Analyse des qualitativen Textmaterials aus den Lerntagebüchern zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“. Aufgrund des stark differierenden Umfangs und der unterschiedlichen Qualität der Aussagen erfolgte die Codierung und Auswertung der Dokumente entlang der Argumentationsanker, die den Studierenden in der Lerntagebuchvorlage zur Verfügung gestellt wurden. Hieraus ergab sich ein dreistufiges Kategoriensystem für die Codierung der Texte. Die quantitative Auswertung dieser Textstellen ergab, dass Urteile auf mittlerem Niveau zwischen den Mediennutzungsgruppen relativ ausgeglichen sind. Allerdings finden sich prozentual mehr positive Urteile in der Simulations- und mehr negative Urteile in der Manualgruppe. In beiden Gruppen wird teils mit gleichen Argumentationsmustern gearbeitet. Den Unterschied in der Simulationsgruppe machen vor allem Äußerungen aus, die das Erleben der eigenen Wirksamkeit herausstellen. Dieser Aspekt scheint eine Motivationsquelle darzustellen und den Wert der Beschäftigung mit den simulativen Elementen zu erhöhen.
Die Auswertung der Urteile unter der Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens“ unterstreicht das auch schon im quantitativen Teil der Studie deutlich gewordene positive Technikbild der befragten Studierenden. Im Vergleich der Mediennutzungsgruppen schneiden die Urteile der Angehörigen der Simulationsgruppe auch hier etwas besser ab. Die Unterschiede sind jedoch sehr gering. Erkennbar ist, dass Relevanzhorizonte und Sinnsetzungen auch durch jeweils fokussierte Perspektiven (Technikbetroffener, Lehrer, Schüler) und inhaltliche Präferenzen (Technikgeschichte, Energie-, Produktions-, Kommunikations- und Informationstechnik) moderiert werden.
Die Ergebnisse der Studie legen den Schluss nahe, dass die Mediennutzungsart zwar durchaus einen Unterschied in Bezug auf die motivationalen Aspekte des Lernens macht, insgesamt für die Urteilsdistinktionen jedoch ein komplexes Beziehungsverhältnis aus unterschiedlichen motivationalen Komponenten verantwortlich ist. Der Abgrenzung und Entschlüsselung dieser Zusammenhänge muss angesichts der Entwicklungen im Bereich rechnergestützten Lernens weiterhin wissenschaftliche Aufmerksamkeit zukommen.

1 Wesen der Technik und Technikbegriff

Technische Erfindungen markieren wichtige Meilensteine der Kulturgeschichte. Beispiele dafür sind die Herstellung von Klingen aus Feuerstein, die Bearbeitung von Böden mit Ackerbaugeräten oder die Nutzung von Rollen oder Rädern. Die für die Hervorbringung dieser technischen Artefakte erforderlichen Fähigkeiten sind das Ergebnis eines langen Entwicklungsprozesses. Allein die Verbesserung von Steinklingen von einfachen Modellen bis hin zu nahezu standardisierten Werkzeugen vollzog sich innerhalb eines Zeitraums, der vor ca. 1,5 Millionen Jahren begann und erst vor ca. 40000 Jahren abgeschlossen war. Auch die erste bewusste, für die weitere technische Entwicklung so bedeutsame Nutzung des Feuers liegt wohl gut eine halbe Million Jahre zurück. Bis zum Ausschmelzen von Metallen aus Gestein (etwa im 7. oder 8. Jahrtausend v. Chr.) oder dem Zusammenschmelzen verschiedener Metalle (etwa im 3. Jahrtausend v. Chr.) vergeht wieder eine lange Zeitspanne. Darauf, dass sich dieser kulturelle, auf das engste mit der Technik verwobene Evolutionsprozess des Menschen nicht ohne innere Kämpfe und Überwindungen vollzog, weisen Mythen, Sagen und Riten hin (vgl. Klemm 1989; Brentjes 1987).

Für Anthropologen ist das Menschsein in besonderer Weise mit der Herstellung von Werkzeugen verbunden. Allerdings ist die Nutzung natürlicher Objekte als Hilfsmittel auch in der Tierwelt durchaus verbreitet. Selbst die Kombination von Objekten, etwa von Steinen, Ästen oder Halmen zu einfachen Werkzeugsystemen, ist zumindest den Primaten zu eigen. Was den Unterschied ausmacht, lässt sich an verschiedenen Aspekten festmachen. Dazu zählen das Ausmaß der Bearbeitung natürlicher Objekte in Bezug auf ihre Gebrauchstauglichkeit und wiederkehrende Verwendung sowie die Kombination unterschiedlicher Objekte zu einem komplexen funktionsgerechten neuen Artefakt. Eine Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit ergibt sich beispielsweise durch die Anpassung der Form (etwa durch Anspitzen eines Stabes) oder die Wartung eines Werkzeugs (z.B. durch Schärfen einer Steinklinge). Ein Beispiel für die Verbindung verschiedener Objekte zu etwas Neuem stellt die Kombination von Ast und Sehne zu einem Bogen dar (Brentjes 1987, S. 11ff.; Westphalen 1984, S. 17f.).

Alle sich im Prozess der Kreation derartiger technischer Artefakte vollziehenden Denkakte weisen eine über die Befriedigung der augenblicklichen Bedürfnisse hinausreichende Fähigkeit zur Kombinatorik, zur schlussfolgernden Interpretation und zur kreativen Vorstellung auf. Nicht der zufällige Gebrauch eines vor Augen liegenden Werkzeugs für nächste Zwecke, sondern die Herstellung eines Werkzeugs für einen fernen Zweck, ist letztlich das, was den Menschen ausmacht (Gehlen 1950, S. 68). Mit der Technik wird Zukunft gedacht und gleichzeitig das Gedachte konserviert. In der Kombination mit erlernten motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten befähigt eine solche technische Intelligenz den Menschen zu einer Anpassung seiner Lebensbedingungen und zu einer Gestaltung seiner Umwelt. Mit der Technik kommt Kultur in die Welt. Sie ist für Arnold Gehlen die „zweite Natur“ des Menschen und eine Notwendigkeit, die sich aus seiner „physischen Unspezialisiertheit“ und „organischen Mittellosigkeit“ ergibt (ebd., S. 37ff.). Diese Unspezialisiertheit und Anpassungsfähigkeit ermöglicht es dem Menschen, mehr als nur eine Antwort auf ein und dasselbe Problem der tierischen Existenz zu finden (Mumford 1978, S. 131).

Dass das Handeln des Menschen dabei über das unmittelbar Notwendige hinausreicht, entspricht zugleich seinem Wunsch, die eigenen Fähigkeiten zum Ausdruck zu bringen. Für Peter Fischer (2004, S. 55) ist die Technik das Alleinstellungsmerkmal des Menschen, mit dem er aus der natürlichen Evolution ausbricht und diese um die „Geschichtlichkeit seines kulturellen Daseins“ ergänzt.

Bedeutung der Technik für Kultur und Bewusstsein: Die Entwicklung der Menschheit und die Entwicklung der Technik sind untrennbar miteinander verbunden. Technik bildet die

Grundlage für die derzeitigen Lebensbedingungen und immer mehr auch für die Lebensperspektiven. Mit jeder neuen Technologie steigen Anpassungs- und Gestaltungsmöglichkeiten des Menschen. Die Wirkung technischer Systeme und Verfahren bleibt dabei selten auf einzelne Räume oder kulturelle Bereiche beschränkt, sondern führt zu weitreichenden sozioökonomischen und institutionellen Veränderungen (Dolata & Werle 2007, S. 23ff.). Am Beispiel der digitalen Technologien lässt sich das deutlich dokumentieren. Sie sind verantwortlich für die Transformation von Industrie- und Infrastrukturen, für die Veränderung von Kooperations- und Konkurrenzverhältnissen, für neue Marktpotenziale sowie für eine Verschiebung des Verhältnisses von Wirtschaft und Wissenschaft. Mit intelligenten oder interaktiven Techniken konstituieren sich zudem neuartige Beziehungsmuster zwischen Mensch und Technik.
Unterschiedliche Technologien beeinflussen Lebensweisen und Konsummuster und machen damit stets neue rechtlich-regulative Rahmensetzungen erforderlich. Technik ist somit Bestandteil der materiellen und indirekt auch der ideellen Kultur (Rapp 1993, S. 45). Angesichts dieses Einflusses ist es kaum verwunderlich, dass die Technik einerseits Hoffnungen auf Verbesserungen in allen menschlichen Bereichen nährt, andererseits immer wieder eine Quelle der Verunsicherung darstellt (vgl. Tuchel 1965, S. 72). Dies zeigt sich u.a. an diversen Metaphern, mit denen die Technik bis in die jüngere Vergangenheit belegt wurde. Gesprochen wird dann etwa von der „verzehrenden“, „verschlingenden“, „fressenden Maschine“ (vgl. Jünger 1946, S. 17). Auch für Carl Friedrich von Weizsäcker (1980, S. 33ff.) hat die Technik die in sie gesetzten Hoffnungen für Wirtschaft, Gesellschaft, Politik oder Kultur zwar in mancherlei Hinsicht erfüllt, allerdings um einen hohen Preis. Er beklagt die Abhängigkeit von Rohstoffen, die Fortschreibung bestehender gesellschaftlicher Ungleichheiten und vor allem die Veränderung des Bewusstseins. Das moderne Bewusstsein, eigentlich emanzipiert und rational, fühle sich in der Welt, die es selbst geschaffen hat, nicht wohl. Unbehagen, Angst und Bedrohung sind für ihn daher die ständigen Begleiter der Technik (ebd. S. 39).
Für Yuval Noah Harari (2017, S. 413ff.) gründet das Unbehagen gegenüber der Technik aktuell vor allem in der Befürchtung eines totalen Kontrollverlustes. Fragen, die sich in diesem Zusammenhang stellen sind etwa, ob die breite Masse an Menschen zur nutzlosen Klasse wird, deren ökonomischer und militärischer Nutzen angesichts von Robotern und Algorithmen gegen Null geht und ob sich Reichtum und Macht in der Hand einer winzigen Elite konzentrieren, die im Besitz der Algorithmen ist.

Der Charakter der Technik: Weil Technik heute jeden berührt, wird sie oft allein aus dem persönlichen Blickwinkel des Betroffenen oder Nutzers betrachtet und bewertet. Dadurch verengt sich der Blick zuweilen auf bestimmte Faktoren, Voraussetzungen und Folgen einzelner Technikbereiche oder Technologien[1].
Um dem eigentlichen Wesen der Technik auf die Spur zu kommen, ist jedoch eine Annäherung hilfreich, die unabhängig von aktuellen gesellschaftlichen und technikbedingten Entwicklungen erfolgt und allein ihrer Eigenheit und inneren Ordnung nachspürt. Aufschluss über das Wesen der Technik erwartet man sich daher eigentlich von der Philosophie. Als Reflexionsgegenstand ist sie hier allerdings bis in die Neuzeit eher eine Randerscheinung. Überlegungen, die sich nach unserem Verständnis auf die Technik beziehen lassen, sind zumeist auf das menschliche Handeln gerichtet. Selbst die Wurzeln des aktuellen Technikbegriffs reichen allenfalls bis in die Renaissance (Popplow 1998, S. 6ff.).
Im Werk von Cusanus (1401-1464), der nach Jürgen Franz (2012), als früher Technikphilosoph gelten kann, wird nicht von Technik, sondern von der *ars humana* gesprochen. Während dort bereits facettenreiche Betrachtungen über Wesen und Folgen der Technik vorgenommen werden, bleiben andere philosophische Reflexionen lange Zeit nahe am Themenkreis klassischer Denker. Eine tiefer gehende theoretische Auseinandersetzung mit der Technik erfolgt nicht.

[1] Unter Technologie wird hier ein abgrenzbarer Technikbereich verstanden, der auf der Ebene ingenieurmäßigen Handelns und damit auf der Ebene einer dem Handeln korrespondierenden technischen Wissenschaftsdisziplin verortet werden kann.

Fokussiert werden allenfalls die hilfreichen mechanischen und funktionellen Aspekte verschiedener technischer Entwicklungen. Nicht selten sind Geräte oder technische Errungenschaften auch eine Art Menetekel für unheilvolle Entwicklungen, die den Menschen von der eigentlichen Humanitas wegzulocken vermögen.[2]
Pointierter wird der philosophische Blick auf die Technik ab dem 19. Jahrhundert. Der Einfluss der Technik auf den Menschen und besonders der durch Technik veränderte Selbst- und Wertdeutungshorizont geraten nun zum philosophischen Thema. Die soziökonomischen und soziotechnischen Entwicklungen forderten schon zur Jahrhundertwende, noch umfänglicher dann aber in der Mitte des 20. Jahrhunderts, zur theoretischen und philosophischen Reflexion heraus.[3] Einige philosophische Betrachtungen sowie Gedankengänge benachbarter wissenschaftlicher Disziplinen werden nachfolgend skizziert.

Technik im Verhältnis zur Natur
Ein für die Wesensbestimmung der Technik bedeutsamer philosophischer Topos ist die Abgrenzung zur Natur. Bereits Aristoteles unterteilte alles Seiende in zwei Klassen: Einerseits in die Produkte der Natur und andererseits in die künstlichen Objekte. Die natürlichen Objekte tragen Antrieb und Ziel ihrer Bewegung in sich selbst, wohingegen das grundlegende Prinzip der künstlichen Objekte die Herstellung durch den Menschen ist. Der Unterschied zwischen Natur und Technik liegt demnach im Kriterium der Entstehungsursache (vgl. Ropohl 1999, S. 53ff.). Die menschengemachten Objekte lassen sich sowohl durch ihre künstlichen Eigenschaften als auch durch ihre Zweckgebundenheit in einen gewissen Gegensatz zur Natur bringen. Allerdings handelt es sich dabei um keine grundlegende Differenz, denn trotz der künstlich geschaffenen Charakteristika, verlieren sie nicht zwangsläufig ihre natürlichen Eigenschaften. Eine scharfe Trennlinie zwischen Natur und Technik lässt sich daher kaum ziehen (vgl. Zoglauer 1996, S. 85).
Die Natur bildet die Grundlage für die Technik: Für die Roh- oder Ausgangsstoffe genauso, wie für die Energie zu ihrer Entstehung oder Verwendung. Das Wissen über Technik wird somit auch zum Wissen über die Natur. Die stofflichen und energetischen Vorgänge oder Prozesse bei der Herstellung und Verwendung technischer Artefakte und Sachsysteme folgen den Naturgesetzen. Die Bandbreite technischer Lösungsmöglichkeiten wird daher durch den Erkenntnisstand der Naturwissenschaften begrenzt. Allerdings gibt es eine Ausnahme von dieser Abhängigkeit, auf die u.a. Peter Janich (1996, S. 37) verweist: Für die „richtige“ Reihenfolge etwa beim Herstellen eines Gegenstandes existiert kein Naturgesetz. Hier ist ausschließlich der Herstellungszweck ausschlaggebend.

Technik als Mittel
Die Technik besitzt einen funktionellen und instrumentellen Charakter. Bereits die Herkunft des Wortes Technik verweist auf den funktionellen Aspekt. „*Techne*“ bezeichnet im Griechischen die Tätigkeiten des Zimmermanns. Es umschreibt also Aspekte des Handelns, nämlich ein geübtes, regelgerechtes, kunstmäßiges Vorgehen, aber auch das Produkt daraus. In einer weiteren Bedeutung meint es zudem einen zweckmäßig eingesetzten Trick oder eine verbotene Übertretung (vgl. Fischer 2004, S. 11; Meißner 1999, S. 12). Das zweckgebundene Handeln – die *Poiesis* – ist Grundlage für alles Technische. Philosophisch betrachtet, geht es bei der Technik immer um die Beherrschung von Mitteln nach Zwecken. Bei den Mitteln kann es sich um Handlungsschemata (etwa bei der Fertigung), Verfahren (wie bei der Gusstechnik) oder um die Produkte und Folgen von Handlungen (wie bei Ingenieurkonstruktionen) handeln (Janich 2006, S. 17).

[2] Mit den Vorwürfen gegenüber Naturwissenschaft und Technik setzt sich beispielsweise Theodor Litt (1959) in seinem Buch „Naturwissenschaft und Menschenbildung“ auseinander, besonders im Kapitel II: Die Opposition gegen die mathematische Naturwissenschaft.
[3] In der Einleitung seines Buches „Selbst, Welt und Technik“ gibt Oliver Müller (2014) einen kurzen Überblick über die Vielfalt technikphilosophischer Schriften in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Technik als Prothese

Eine nach wie vor populäre Auffassung sieht Technik als eine Art Prothese, die der Funktionsunterstützung menschlicher Körperteile beziehungsweise der Kompensation unzulänglicher oder nicht vorhandener Organe dient. Für eine derartige Sichtweise gibt es etliche Gründe. Man muss sich nur vor Augen führen, in welchem Ausmaß sich etwa menschliche Kräfte durch Motoren verstärken lassen, Augen durch Brillen, Mikroskope oder Teleskope „verbessert" werden können oder die Mobilität durch technische Fortbewegungsmittel erhöht werden kann. Angesichts der Möglichkeiten der Technik, Organe in sensorischer und motorischer Hinsicht zu vervollkommnen, benannte bereits Sigmund Freud (1974, S. 87) in seinem 1930 erschienenen Werk „*Das Unbehagen in der Natur*" den Menschen als Prothesengott und gab sich überzeugt, dass mit Wissenschaft und Technik die „Gottähnlichkeit" des Menschen weiter voranschreiten werde. Neunzig Jahre später bezeichnen sich Menschen als Cyborgs und wollen mit Sensoren oder anderen implantierten technischen Systemen nicht nur genetische oder krankheitsbedingte Einschränkungen ausgleichen, sondern Fähigkeiten erlangen, die dem Menschen bisher verwehrt blieben (vgl. Eberl 2017, S. 341ff.). Dass sich der Einsatz von Technologien allein auf den Gliedersatz oder den Support körperlicher Operationen beschränken ließe, glaubte schon der Soziologe Helmut Schelsky 1961 nicht mehr. In seiner Schrift „*Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation*" schreibt er: „*Die Vorstellung, daß die Technik nur werkzeughafte Organfortsetzung des Menschen wäre, müssen wir heute, wo nicht nur Muskelkraft, sondern in immer höherem Maße menschliche Sinnesleistung und vor allem ganze Schichten von Denk- und Bewußtseinsleistungen in den elektronischen Computers* [sic] *technisch ersetzt und überboten werden, wohl aufgeben"* (ebd., S. 8).

Technik und Technikwissenschaften – nur angewandte Naturwissenschaft?

Eine ebenfalls weit verbreitete Charakterisierung verortet die Technik ausschließlich innerhalb der Naturwissenschaften, was eine substanzielle Unterordnung bedeutet (vgl. Zoglauer 1996, S. 93). In der Tat wird Technik materiell aus der Natur und ideell mit dem Wissen über die Natur „geboren". Verschiedene Argumente sprechen jedoch dagegen, dass sie sich allein über die Physik oder Chemie erfassen oder erschließen lässt.

Aus historischer Sicht beispielsweise lässt sich ins Feld führen, dass Menschen schon lange vor der Entwicklung der Naturwissenschaften und der Kanonisierung ihrer Inhalte Technik erfolgreich erdacht und betrieben haben. Freilich konnte das auch nur innerhalb der Naturgesetze stattfinden. Zudem ist die technische Entwicklung ohne Anleihen aus der belebten Natur kaum denkbar. Das Fallenstellen etwa lässt sich bei Spinnen, das Korbflechten von Vögeln oder das Dammbauen von Bibern lernen (Mumford 1978, S. 124). Wahrnehmung, Urteilsbildung und Erfahrungsaufbau in der Natur erfolgten hier jedoch nicht um ihrer selbst willen, sondern infolge menschlicher Bedürfnisse. Die Regeln der Natur werden in den Dienst menschlicher Zwecksetzungen gestellt.

Technische Objekte besitzen somit eine Dualität. Sie sind die Synthese von Künstlichem und Natürlichem. Das Künstliche – als Ergebnis menschlichen Strebens und Schaffens – wird begrenzt durch das Natürliche, durch die Naturgesetze (Iwanow & Tscheschew 1982, S. 15). Von Seiten der Physik, der Chemie oder der Biologie ist folglich ein spezifisches aber durchaus begrenztes Verständnis des Technischen möglich: Während die Naturwissenschaften nämlich nach dem Ursächlichen fragen, also dem Kausalprinzip verpflichtet sind, folgt die Technik dem Finalprinzip. Die physikalischen, chemischen oder biologischen Gesetze definieren das Machbare und beantworten die Frage nach dem Warum. Die ursächliche Kraft für die Technik ist jedoch das Wünschenswerte, ihre unbedingte Bindung an Interessen und Bedürfnisse, an Phantasien und Träume, ihre Einbettung in kulturelle Strömungen und gesellschaftliche Strukturen (Rauner & Heidegger 1997, S. 126). Warum und wie wird ein technisches Artefakt oder System erdacht oder gefertigt, warum ist es gerade so beschaffen und wozu dient es? Solche Fragen können nicht mit den Naturwissenschaften beantwortet werden (Schmayl 2010, S. 53). Armin

Grunwald (2006a, S. 71), konstatiert zudem, dass zwar nicht gegen die Erkenntnisse der Naturwissenschaften konstruiert werden könne, aber die Naturwissenschaften auch keine Konstruktionen liefern würden. Außerdem ersetzt naturwissenschaftliches Wissen nicht technische Erfahrung (vgl. Kornwachs 2012, S. 41).
Technik erschließt sich damit vollständig immer nur aus dem teleologischen Zusammenhang, nämlich mit bestimmten Mitteln einem speziellen Zweck zu dienen. Technik, so Traebert (1989, S. 173) ist letztlich das Ergebnis des Handelns zwischen „*naturgesetzlicher Machbarkeit, ökonomischer Vernunft und gesellschaftlicher Wünschbarkeit*."
Im Lichte dieser Überlegungen verliert dann auch die Auffassung ihre Richtkraft, bei den Technik- oder Ingenieurwissenschaften handle es sich allein um angewandte Naturwissenschaften, die ohne ein ihr originär zuzurechnendes Spektrum an wissenschaftlichen Forschungsmethoden auszukommen hätten. Die Synthese aus Technik- und Naturwissenschaften ist – besonders bei den Hochtechnologien – zwar heute weit fortgeschritten. Der erhebliche technologische Aufwand, mit dem die Naturwissenschaften betrieben werden, lässt jedoch sogar eine andere Sichtweise zu: „*Ob es sich um Fernrohr und Mikroskop, um Waage, Uhr oder Thermometer, oder um Experimentiervorrichtungen handelt, die zu Forschungszwecken eingesetzte, umgedeutete oder weiterentwickelte, ingenieurmäßig konstruierte Maschinen sind, - der Naturforscher ist immer ein Techniker und Ingenieur, der sich am zweckrationalsten Unternehmen beteiligt, das die Menschheit überhaupt hervorgebracht hat*" (Janich 1996, S. 210).
Diesem Ansatz – Naturwissenschaft eher als technologische Disziplin zu deuten – stellt Zoglauer (1996, S. 93ff.) allerdings Historie und Methoden der Naturwissenschaften gegenüber und weist auf die Tatsache hin, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse durchaus auch ohne technologische Unterstützung gewonnen werden könnten.
Festzustellen bleibt, dass die Technikwissenschaften im Vergleich zu den Naturwissenschaften durchaus arteigene Aufgaben zu lösen haben. Die Wissensproduktion ist dort seit ihrer Entstehung vor allem im 19. Jahrhundert immer durch einen engen Bezug zur Praxis, zur Verwertbarkeit gekennzeichnet (Jobst 1995, S. 24ff.). Zwar bilden die Theorien der Naturwissenschaften das Grundgerüst für die Arbeit in den Ingenieurwissenschaften, erklärtes Ziel der ingenieurwissenschaftlichen Forschung ist es aber, Aussagen über die systematische und wissenschaftliche Vorgehensweise im Prozess der Anwendung zu erlangen, zum Beispiel bei der Suche nach Konstruktionstheorien (Lossack 2006, S. 123).
Inhaltlich wie methodisch integrieren die Technikwissenschaften neben dem Repertoire der Naturwissenschaften zusätzlich das der Humanwissenschaften. Auf die enge Anbindung an die Human- und Sozialwissenschaften sind sie allein schon deshalb angewiesen, weil die technischen Artefakte und Sachsysteme ja eine humane und soziale Funktion erfüllen und sie nicht ohne eine Anpassung an die sozialen und biologischen Bedingungen des Menschen auskommen. Kurt Magnus (1984, S. 8) stellt fest: „*Das Erkenntnisstreben des Naturwissenschaftlers unterscheidet sich grundsätzlich von der zwar auf Erkenntnissen basierenden, aber doch eigenständigen Kreativität des Ingenieurs. Naturwissenschaft und Technik sind verschieden, wie es Entdeckung und Erfindung sind"*

Technik, typisch menschlich

Bei allen Abgrenzungsbemühungen gerät zuweilen das elementare Verhältnis zwischen Mensch und Technik aus dem Blick. Dieses wird begründet durch die Tatsache, dass es dem Menschen nur durch handwerkliche oder technische Eingriffe möglich ist, als Kulturwesen in der Natur zu überleben. Angetrieben durch ein scheinbar unstillbares Verlangen, sich über die augenblicklichen Zustände hinwegzusetzen und körperliche und technische Beschränkungen zu überwinden, kommt es zu den Abstraktionsleistungen, mit denen der Mensch Naturgegebenheiten in eine künstliche Welt „hinüberdenkt". Für Wolfgang Schadewaldt (1957, S. 6) stellt die Technik daher ein Ur-Humanum dar, deren Auftrag seit alters her in der Befreiung des Menschen vom einfachen Überantwortetsein an die elementaren Kräfte der Natur liegt.

Indem der Mensch einen Zusammenhang herstellt zwischen konkreten menschlichen Bedürfnissen, bestimmten Naturgesetzen und geeigneten konstruktiv-technologischen Lösungen, realisiert er eine nur in ihm angelegte Fähigkeit. Der Philosoph Martin Heidegger (1962, S. 6) greift diesen Aspekt auf, wenn er die Technik zunächst als zweckgebundenes Mittel und menschliches Tun charakterisiert und das Wesentliche in der Technik aber dann nicht im „Machen und Hantieren, nicht im Verwenden von Mitteln", sondern im „Entbergen" dessen sieht, „was sich nicht selbst hervorbringen kann" (ebd., S. 15). Neben der Herstellung von Artefakten gehört zum „Entbergen" daher das Ringen um Erkenntnisse, das Aufstellen von Theorien oder das Sammeln von neuen Einfällen und Ideen.
Das menschliche Tun reicht über das rein instinktgesteuerte Verhalten anderer Lebewesen hinaus. Dadurch besteht ein großer Spielraum an technischen Möglichkeiten und Manifestationen, der sowohl zu verschiedenen materialen Kulturleistungen als auch zur unterschiedlichen sozialen Organisation von Handlungsmöglichkeiten befähigt (Seel 1988, S. 237). Der Mensch schafft sich mit der Technik eine Art „zweite Natur", die als „Inbegriff von Körpern, Energien, Maßverhältnissen und Gesetzen" konzipiert ist (Fischer 2004, S. 58). Diese künstliche Welt ist für ihn die eigentliche Welt und sogar eine notwendige Voraussetzung für die Reproduktion. Nutzungs- und Verwendungszusammenhänge der Technik lassen dabei nicht ausschließlich über unmittelbar individuelle Bedürfnisse erschließen. Die Technik ist vielmehr auch als soziales Phänomen zu begreifen. Denn wie Werner Rammert (2006, S. 6) bemerkt, drückt sich gerade in den Techniken aus, wie in Gesellschaften gearbeitet, geforscht, kommuniziert und gelebt wird.

Dynamik und Autonomie der Technik?
Die technologische Entwicklung bietet die verschiedensten Anhaltspunkte für eine Gliederung in Abschnitte oder Phasen. Richtung und Übergänge der Phasen lassen sich als Konsequenz einer inneren Strukturlogik deuten. Aus anthropologischer Sicht liegt diese beispielsweise im fortgesetzten Streben des Menschen nach Selbstumwandlung und Selbstoptimierung (vgl. Mumford 1978, S. 62ff.). Technikdeterministische Ansätze sehen in den Entwicklungsprozessen eher eine Anpassungsleistung der Gesellschaft als Folge technischer Sachzwänge. Betrachtet man die Technikgenese dagegen vor allem als Resultat sozialer Prozesse, lassen sich nach Werner Rammert (2006, S. 15) drei gesellschaftliche „Logiken" unterscheiden: Nach der ökonomischen Logik, wie sie bei Max Weber oder Karl Marx vorherrschen, sind die sozialen und ökonomischen Verhältnisse für den technischen Wandel verantwortlich. Folgt man einer politischen Logik, bilden Herrschaft und Kontrolle die bestimmenden Größen der technischen Entwicklung (vgl. Marcuse 1967). Eine weitere Deutung geht von einer Art kulturellen Logik der Weltbilder aus, wie sie sich etwa aufgrund der jüdisch-christlichen Haltung zur Unterwerfung der Natur entwickelt hat.
Unabhängig davon, ob es sich nun um einen technisch induzierten gesellschaftlichen Transformationsprozess handelt oder um einen gesellschaftlich induzierten technischen Transformationsprozess, weist die technologische Entwicklung einen evolutionären Zug auf, dem eine gewisse Eigendynamik oder sogar eine innere Gesetzmäßigkeit nicht ganz abgesprochen werden kann.
Exemplarisch lässt sich dies an der Rolle der Technik in der Arbeitswelt verdeutlichen (s. Abb. 1.1). In ihrer ursprünglichen Form wird Technik im Rahmen instrumenteller Tätigkeiten eingesetzt. Technik ist hier Werkzeug, das unmittelbar auf den Arbeitsgegenstand wirkt und hilft, die menschlichen Körpereigenschaften auszudehnen und zu effektivieren. In dem Maße, in dem sich der Mensch der funktionalen Möglichkeiten natürlicher Objekte bewusster wird, verlieren die verwendeten Werkzeuge langsam jedoch den Charakter einer einfachen Verstärkung der Organe. Zwischen Ausgangsidee und beabsichtigtem Ergebnis tritt nun ein Prozess, der sich durch Abstraktion und Projektion auszeichnet. Material und Form unterschiedlicher Objekte werden aus ihrem ursprünglichen Zusammenhang weggedacht und für neue Zwecke präpariert

und kombiniert. Ein für die Transformation natürlicher Objekte in künstliche Artefakte weiterer bedeutsamer Entwicklungsschritt liegt in der Nutzung natürlicher Energiequellen und später im Einsatz thermischer oder elektrischer Kraftmaschinen. Denn während für die Entstehung von Artefakten lange Zeit sowohl menschlicher Krafteinsatz als auch formender Wille erforderlich waren, entbindet eine energetisch angetriebene Apparatur oder Maschine den Menschen von der reinen Kraftaufwendung. Hammerwerke oder Bohrmaschinen ersetzen zwar die menschliche Kraft, weiterhin notwendig ist jedoch die Bedienung der Maschine und die Führung der Werkstücke entlang der formgebenden Werkzeuge. Mit der Programmierung und Rüstung von Werkzeugsystemen kann dann aber auch der für die Arbeit erforderliche informatorische Aufwand konzentriert und konserviert werden. Mikroelektronik und Automatisierung, der schnelle Zugriff auf Daten sowie die Fortschritte im Bereich der Sensorik führen schließlich nicht nur zur chronologischen Veränderung der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Produktionsmittel, sie schicken sich nun auch an, solche Tätigkeitsbereiche zu übernehmen, in denen menschliches Handeln bis vor kurzem noch unentbehrlich schien.

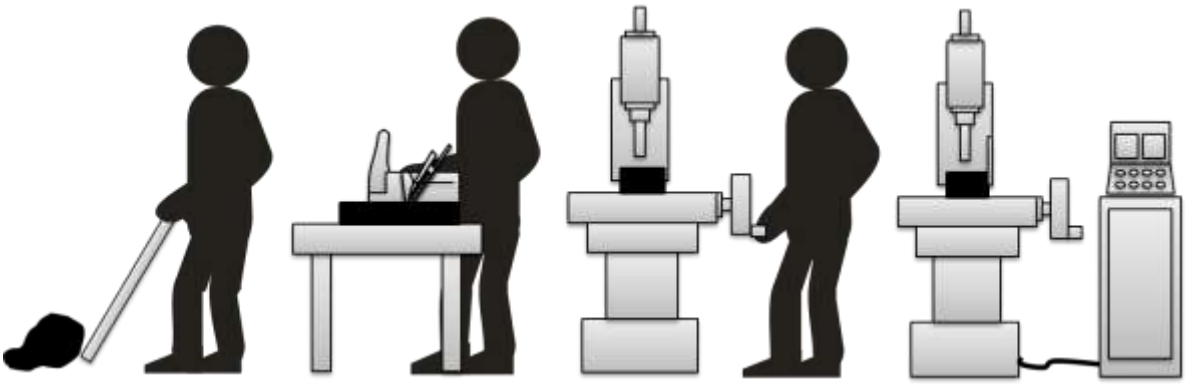

Abb. 1.1: Werkzeug – Maschine – Automat

Schleichend – so scheint es – wird der Mensch zur Passivität verurteilt und das nicht mehr nur allein in der Sphäre von Arbeit und Produktion. Die Technik organisiert mittlerweile mehr oder weniger alle anderen menschlichen Lebensräume (vgl. Dolata & Werle 2006): Das Auto beispielsweise prägt die Wohn- und Infrastruktur des öffentlichen Raumes und damit die Art zu Leben. Informationstechniken bestimmen Produktionsabläufe, Kommunikationsverhalten, Finanzmärkte und sogar die Form der Kriegsführung. Energieversorgungssysteme schließlich sichern sämtliche sozioökonomischen Vorgänge. Neben dieser Omnipräsenz entzieht sich die Technik aber augenscheinlich dem unmittelbaren Einflussbereich des Menschen. Sie wird komplexer, globaler, dominanter und besonders in Form der Kommunikations- und Informationstechnik auch unsichtbarer. Damit ist sie oftmals die Ursache für Vorgänge, die von den Beteiligten nicht zwangsläufig mit Technik in Beziehung gesetzt werden (von Westphalen 1984, S. 14). Hinzu kommt, dass zur Beherrschung der Technik wiederum Technik notwendig ist. Der Verlust an sinnlicher Erfahrung bei der Arbeit, der drohende Kontrollverlust über Maschinen und Automaten oder die Unmöglichkeit, selbst zu entscheiden – das alles nährt das Gefühl einer technischen Eigendynamik.

Technisches Handeln und Kulturhöhe: Der kritische Blick auf die technische Evolution lässt schnell vergessen, dass das technische Potenzial an Entlastung, Sicherheit und Komfort gerne in Anspruch genommen wird. Denn Technik schafft Kultur. Die jeweilige Kulturhöhe ist für den Philosophen Peter Janich (2006, S. 26ff.) das Resultat einer Abfolge von einander aufbauenden oder umgedeuteten technischen Methoden und Handlungsfolgen. Diese Beziehung charakterisiert er mit der Technikförmigkeit der Kultur bzw. der Kulturförmigkeit der Technik.
Dass Handeln für Janich idealerweise mit Zwecksetzungsautonomie, Mittelwahlrationalität und

Folgenverantwortlichkeit verbunden ist, kann bereits als programmatischer Ansatz für den reflektierten Umgang mit Technik betrachtet werden: Zweck, Mittel und Folgen müssen bei jedem weiteren Vordringen der Technik in Wirtschaft, Wissenschaft, Arbeit oder Freizeit immer mitgedacht werden. Expansion und Fortschritt der Technik bedeuten freilich ein bestimmtes Maß an Selbstverpflichtung. Denn wer in dieser Kultur handlungs- oder gestaltungsfähig bleiben will – so Janich – muss sich der technikbezogenen Handlungen und Methoden bemächtigen. Das dazu erforderliche Handlungsvermögen für eine aufs Engste mit der Technik verflochtenen Gesellschaft zu organisieren, ist Aufgabe der Politik. Das individuelle Handlungsvermögen anzubahnen, ist Aufgabe technischer Bildung.

Verständigung über das Wesen der Technik – der Technikbegriff: Bei allen Annäherungen an das Wesen der Technik stößt man auf zwei grundsätzliche Aspekte. Da ist zum einen der dingliche und materielle Aspekt der Technik. Er verliert auch in Zeiten digitaler Transformation bzw. Informatisierung der Technik nicht an Bedeutung. Denn wenngleich sich in der Technik heute vieles um Daten dreht, gibt es für die Geräte und Systeme zu ihrer Generierung, Leitung und Verarbeitung keine Substitution (vgl. Ropohl 2002). Der andere wichtige Aspekt zur Deutung der Technik ist der nichtmaterielle Prozess- oder Verfahrensaspekt. Er äußert sich in definierten Vorgehensweisen und Methoden zur Hervorbringung von Technik bzw. in den von ihr prädisponierten Handlungsweisen.
Auf der Grundlage dieser beiden Aspekte lassen sich der Technik zahlreiche Erscheinungen zurechnen. Was allerdings letztendlich zur Technik gezählt wird, ist dann vom jeweiligen Technikverständnis und der daraus resultierenden Technikdefinition abhängig. Je nachdem ergeben sich folgenreiche Entscheidungen, zum Beispiel in curricularer oder didaktischer Hinsicht (vgl. von Westphalen 1984, S. 12f.).
Grundsätzlich kann zwischen einem weiten und einem engen Technikverständnis unterschieden werden (vgl. Ropohl 1994, S. 7). Ein weites Technikverständnis vorausgesetzt, lässt sich neben künstlichen Objekten, jede menschliche Fertigkeit der Technik zurechnen, die sich planmäßig, zweckorientiert und mit bestimmten Mitteln vollzieht. Für ein solch weites Technikverständnis steht beispielsweise Max Weber (1956), wenn er u.a. die Gebetstechnik, die Technik der Askese, die Denk- und Forschungstechnik, die Mnemotechnik, die Erziehungstechnik, die Technik der politischen oder hierokratischen Beherrschung, die Verwaltungstechnik, die erotische Technik, die Kriegstechnik, die musikalische Technik und die Technik eines Bildhauers oder Malers zur Technik rechnet.
Im Gegensatz dazu steht ein enges, eher in den Technikwissenschaften verbreitetes Technikverständnis. Es ist vorwiegend der funktionalen Struktur von technischen Systemen verpflichtet. Menschliche Handlungen werden hier nur dann berücksichtigt, wenn sie den Phasen der Konstruktion und Produktion zugerechnet werden können.
Die vom Verein Deutscher Ingenieure in der Richtlinie zur Technikbewertung verwendete Definition von Technik weist einen Mittelweg auf (VDI 1991, S. 2; Ropohl 1994, S. 9). Nach dieser von den Technikphilosophen Klaus Tuchel und Günter Ropohl beeinflussten Definition umfasst Technik:

- „die Menge der nutzorientierten, künstlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme);
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen;
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden."

Ropohl (1988, S. 83) rechtfertigt diese, über das eher enge Verständnis der Technikwissenschaften hinausreichende Technikdefinition damit, dass Technik stets nur immer im Rahmen menschlichen Handelns zu verstehen ist. Da dieses selbst gesellschaftlichen Einflüssen unterliegt, ist aller Umgang mit Technik gesellschaftlich geprägt. Zusammen mit den Sachsystemen

bilden Menschen oder soziale Gruppen soziotechnische Systeme. Teil eines solchen soziotechnischen Systems ist der Techniknutzer in der Freizeit genauso wie der am Arbeitsplatz, der im Haushalt oder Betrieb genauso wie die von Technik durchsetzte Gesellschaft als Ganzes (Ropohl 2004, S. 51). Fischer (2004, S. 19f.) merkt zu dieser Technikdefinition an, dass sie gegenüber der weiten Auslegung von Max Weber nur eine Begrenzung aufweist, „*nämlich die, dass Artefakte, künstliche Gegenstände, in die Handlung involviert sein müssen, um von Technik reden zu können*“.

Dass die Definition des VDI durchaus auch international anschlussfähig ist, beweist die ebenfalls über die Objektgebundenheit hinausreichende Definition von *Technology* der National Academy of Sciences in den USA: “*Technology includes not only the tangible artifacts of the human-designed world and the systems of which these artifacts are a part, but also the people, infrastructure, and processes required to design, manufacture, operate, and repair the artifacts*” (Garmire & Pearson 2006, S. X).

Die in den jeweiligen Definitionen aufscheinende Prozesshaftigkeit und Methodizität der Technik in individuelle Kompetenzen zu transformieren, ist seit jeher Auftrag für technikbezogene Bildungsbemühungen.

2 Geschichte technischer Bildung und ihrer Methoden

Technische Bildung – Nähe und Distanz zur Technik: Technik hat eine materielle, instrumentelle und eine soziale Dimension (vgl. Weyer 2006, S. 325). Mit jedem Artefakt oder technischem System sind bestimmte Abläufe und soziale Handlungsweisen verknüpft, die sich Hersteller und Nutzer aneignen bzw. in denen sich Betroffene zurechtfinden müssen. Die institutionellen Bestrebungen, diese Aneignungs- oder Anpassungsprozesse zu unterstützen, werden heute mit dem Begriff „Technische Bildung“ umschrieben. Gleichzeitig meint Technische Bildung das individuelle Ergebnis dieser Erziehungs- und Vermittlungsbestrebungen.
Unter dem Leitbild der Allgemeinbildung zielen diese Bestrebungen sowohl auf reflektierte Nähe als auch auf Distanz zur Technik. Ein Ziel ist die Ausbildung eines individuellen Navigationssystems an technikbezogenen Einstellungen und Orientierungen zwischen beiden Polen, das als Kompass für moralisch-ethisches Verhalten oder für politische Entscheidungen dienen kann (vgl. von Wensierski 2015, S. 63). Ein weiteres Ziel technischer Bildung ist die Aneignung und problemlösende Anwendung technischen Wissens und technischer Fähigkeiten (vgl. Zinn 2018b, S. 120). Vor allem diese Facette dominiert die institutionalisierten Formen technischer Bildung, deren geschichtliches Werden Gegenstand dieses Kapitels sind.

Technische Bildung als historischer Untersuchungsgegenstand: Der interindividuelle Transfer technischen Wissens und zweckmäßiger Handlungsfähigkeiten sicherte zu allen Zeiten das Überleben des Menschen. Was zuerst durch Imitation und Beispiel, dann über Rituale und Sprache weitergegeben wurde, erfuhr erst spät eine Institutionalisierung. Die historische Genese der damit verbundenen Formate und Lehr- und Lernprozesse in den Blick zu nehmen, macht aus verschiedenen Gründen Sinn. Denn dabei wird u.a. deutlich, dass die Aneignungsformen technischen Wissens und technischer Fähigkeiten den jeweils vorherrschenden Erkenntnis- und Erfahrungsformen folgen und diese wiederum kulturell geprägt sind.
In welcher Form lag technisches Wissen vor und auf welche Weise wurde technologisches *Know how* vermittelt? Welchen Stellenwert nahm die Technik im Denken der jeweiligen Epochen ein und wie wurde sie in Bildungseinrichtungen behandelt? Welche ideengeschichtlichen Ansätze oder politisch-wirtschaftlichen Interessen sind bei der Konstitution technischer Bildung jeweils auszumachen? Das soll in diesem Kapitel untersucht werden. Wenn dabei der Bildungsbegriff in Zusammenhang mit technik- und schulgeschichtlichen Betrachtungen verwendet wird, dann deshalb, weil er das Bedingungsgefüge zwischen Politik, Gesellschaft, Ökonomie, Kultur und Subjekt aus Sicht des Autors am ehesten zu integrieren vermag. Allerdings muss der über die bloße Praxis von Lehre und Vermittlung hinausreichende Bildungsbegriff von Konnotationen und ideologischen Einhausungen freigestellt werden. Besonders der emanzipatorische Aspekt von Bildung, nämlich dem Individuum zu innerer und äußerer Autonomie zu verhelfen, muss für geschichtliche Betrachtungen zurückstehen, da er eine Idee der Neuzeit ist. Genauso wenig, wie der Bildungsbegriff seinen ursprünglichen, in der Zeit um 1800 formulierten Anspruch halten konnte, genau so wenig lässt sich auch die aktuelle Auffassung von Bildung einfach auf zurückliegende Epochen übertragen (vgl. Tenorth 1988, S. 20). Dass dies in gleicher Weise für Begriffe wie Erziehung, Lehre oder Vermittlung zutrifft, entlastet den Bildungsbegriff. Selbst der Bedeutungshorizont, den der Technikbegriff aktuell aufspannt, ist relativ jung. Ursprünglich war damit allein das handwerkliche Wissen und Können gemeint. Die diskursiven Wurzeln für eine Ausdehnung des heute üblichen Technikbegriffs auf Artefakte und Sachsysteme, reichen allenfalls bis in die frühe Neuzeit (Popplow 1998, S. 6ff.; Ropohl 1994, S. 6).

Technische Bildungsgeschichte als Sozial- und Technikgeschichte: Die Weitergabe an technischem *Know how* vollzog sich lange Zeit vor allem im privaten Bereich. Weder die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen oder religiösen Gegebenheiten drängten auf einen gegenüber der

Technik eindeutig formulierten Bildungsanspruch. Die Technik tritt daher erst spät in den Fokus staatlich verordneter Bildungs- oder Erziehungsnotwendigkeiten. Das ist letztlich auch ein Grund dafür, dass es an Zeugnissen für die Formalisierung und Institutionalisierung technischer Bildungsprozesse mangelt. Eine historische Analyse der Genese technischer Bildung und ihrer Vermittlungspraxis muss sich daher lösen von unseren Gegenwartsvorstellungen zu Bildungsprozessen. Sie ist angewiesen auf das Verständnis der zeitgenössischen (Lebens-)Bedingungen, der gesellschaftlichen Stellung von Handarbeit und Wissenschaft sowie ihren intentionalen und institutionellen Voraussetzungen (vgl. Boehm 1989, S. 62f.). Die Bildungsgeschichte der Technik wird somit eher zur Sozial- und Technikgeschichte. Qualifikationskonzepte und -institutionen erklären sich nur aus der Anatomie der politischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Verhältnisse sowie dem Stand des vorhandenen technisch-konstruktiven Wissens und Vermögens (vgl. von Werder 1975, S. 36).
Vor dem jeweiligen historischen Kontext sind auch die pädagogischen Ideen zu diesem Bildungsbereich einzuordnen. Einige davon haben bis heute ihre Bedeutung erhalten. Bei anderen darf man nicht der Versuchung erliegen, sie als Realität in Schulen und Klassenzimmern zu deuten. Die Ideen, Sinnbestimmungen oder Konzeptionen mancher Personen waren ihrer Zeit oftmals weit voraus und hatten dann mit der jeweiligen Realität wenig zu tun (Terhart 2000, S. 11). Wie Diethart Kerbs (1976, S.16) bemerkt, gibt es für alle pädagogischen Ideen und Konzepte Zeiten, in denen sie nicht möglich waren, Zeiten, in denen sie möglich waren, aber nicht umgesetzt werden konnten und letztendlich Zeiten, in denen sie eine nachhaltige Wirkung entfalten konnten.
Sich mit der Geschichtlichkeit dieser Konzepte auseinanderzusetzen, kann das Bewusstsein und die fachliche Identität des Bildungspersonals stärken. Deutlich werden dabei die Dependenzen unterschiedlicher Konzepte, gesellschaftlicher Strömungen, politischer und ökonomischer Verhältnisse. Eine Retrospektive der Entwicklung technischer Bildung zeigt überdies, wie politische oder bildungstheoretische Positionen ungeachtet gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Realität verteidigt werden, so dass ihre Legitimation letztlich nur mehr mit Traditionen begründet werden kann (Sachs 1988, S. 5). Letztendlich verweist der geschichtliche Rückblick auf die bis heute schwierige Aufgabe, Technische Bildung institutionell zu organisieren und curricular einzugrenzen.

Vielfalt der Ansprüche gegenüber technischer Bildung: Eine geschichtliche Rückschau zeigt überdies, wie multipolar die Ansprüche gegenüber jeglicher Art technischer Bildung sein können. Als Triebkräfte lassen sich vor allem die handfesten ökonomischen Interessen des Staates, des Handel und Handwerk treibenden Bürgertums und des Einzelnen selbst identifizieren. Handwerkliche und technische Fähigkeiten und Fertigkeiten werden bis heute in direktem Zusammenhang mit dem wirtschaftlichen Erfolg der Gesellschaft gesehen und die technische Bildung damit in den Dienst vorberuflicher oder beruflicher Bildung gestellt. Daneben bieten technikbezogene Werk- oder Konstruktionsprozesse die Projektionsfläche für die verschiedensten pädagogischen Absichten: Materialerfahrung und tätiges Werken sollen beispielsweise den Zugang zu Natur und Technik erleichtern, Arbeitstugenden anbahnen oder generell Persönlichkeitsentwicklung, Selbstkonzeptfindung, geistig-sittliche Reifung, Gemein- und Bürgersinn ja sogar die Hinwendung zu Gott befördern. Unterlegt sind solche Annahmen zur Bildungswirksamkeit handwerklich-technischer Verfahrensweisen mit unterschiedlichen Begründungsmustern. Dazu zählen etwa die dem Zögling im Kreationsprozess abverlangte Umsicht, die auferlegte Verantwortung für das Werk sowie das Erleben der eigenen Kulturschöpfung. Zusätzlich zu erziehlichen oder pädagogischen Intentionen sind mit handwerklich-technischer Bildung in einzelnen geschichtlichen Phasen auch sozialethische oder caritative Absichten verbunden – etwa, wenn mit selbst erstellten Waren der Lebensunterhalt der Schüler gesichert werden soll.
Neben diesen Positionen steht der aktuelle Anspruch, Technik losgelöst von speziellen „Servicefunktionen“, zum eigenständigen Gegenstand der Bildung zu machen.

Phasen technischer Entwicklung – Hintergrund für die Geschichte technischer Bildung: Zu den genuinen Bereichen technischer Bildung zählt bis heute die handwerklich-technische Berufsausbildung. Die Weitergabe handwerklich-technischen Wissens für den beruflichen Gebrauch ist eine notwendige Folge der funktionalen Arbeitsteilung innerhalb entwickelter Gesellschaften und besitzt eine lange Historie. Im Vergleich dazu hat die eher theoretisch-abstrakte, auf naturwissenschaftliche Erkenntnisse und mathematische Verfahren basierende Auseinandersetzung mit Technik eine eher kurze Tradition. Gleiches gilt für die Anbindung der Technik an ästhetisch-künstlerische oder gar gesellschaftliche und politische Bildungsintentionen.

Um Ordnung in die Genese technischer Bildung zu bringen, empfiehlt sich eine Phaseneinteilung. Etlichen Anthropologen, Soziologen oder Historikern gilt die technologische Entwicklung selbst als Ordnungsprinzip der soziokulturellen Entwicklung. Sie bildet die Grundlage für die Abgrenzung von Phasen mit jeweils eigentümlichen Mustern in den wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und ideologischen Formationen (vgl. Ribeiro 1971, S. 31). Solche Phasen können zugleich zur groben Einordnung technischer Bildungsbemühungen herangezogen werden. Der spanische Philosoph und Soziologe José Ortega y Gasset beispielsweise teilt die Technikepochen nach der Art der Vorstellung ein, die sich der Mensch im Lauf der Zeit von seiner Technik gemacht hat und damit nach der Art der Lösungsfindung für die artifizielle Erzeugung. Er unterscheidet bei den Entwicklungsstufen in die „Technik des Zufalls“, die „Technik des Handwerkers“ und die „Technik des Technikers“. Die „Zufallstechnik“ ist für ihn die primitive Technik des vor- und urgeschichtlichen Menschen, der sich der Möglichkeiten der Technik weder bewusst ist, noch eine Notwendigkeit darin sieht, diese durch eine besondere Spezialisierung auszuweiten. Der Zeitraum, den er mit „Technik des Handwerkers“ charakterisiert, umfasst die Antike und das Mittelalter. Kennzeichen dieser Epoche ist für Ortega y Gasset, dass sich der Unterschied zwischen dem Leben mit und dem ohne Technik für die Zeitgenossen noch nicht als so deutlich herausgeschält hat, als dass sie eine Weiterentwicklung der Technik mit Nachdruck betrieben hätten. Allerdings bedingt die Menge der technischen Akte bereits eine Spezialisierung in Gestalt der Handwerker. Deren Tun ist jedoch nicht primär auf Erfindungen, sondern auf der Bewahrung und Fortentwicklung des Alten, der Vergangenheit angelegt. Technische Neuerungen kommen in dieser Phase eher als Stilwandel, denn als tiefgreifende Veränderungen vor. Im Handwerk gibt es zudem noch nicht die Trennung zwischen Methode und Ausführung, wie es dann für die Periode der „Technik des Technikers“ essentiell wird. Hauptsächliches Merkmal dieser Epoche ist nach Ortega y Gasset das Bewusstsein um die Möglichkeiten der Technik. Dieses Bewusstsein, nämlich die eigene Beschränkung und Schwäche durch die Technik aufheben zu können, führt dazu, dass das Erfinden von Technik zum Beruf wird, zum Beruf des Technikers (Ortega y Gasset 1956, S. 77ff.).

Boris Iljitsch Iwanow und Wladislaw Wassiljewitsch Tscheschew (1982, S. 129f.) legen bei ihrer Einteilung das Hauptaugenmerk auf die Entwicklung des technischen Wissens und der technischen Wissenschaften als System. Sie definieren vier Hauptperioden: In der vorwissenschaftlichen Periode existieren technische Kenntnisse ausschließlich als empirische Beschreibungen der gegenständlichen Praxis des Subjekts, der Arbeitsmittel sowie der Methoden der Anwendung. Diese Periode dauert nach Ansicht der Autoren lange Zeit, nämlich von der Urgesellschaft bis zur Renaissance. Innerhalb dieses Zeitraums wird die Technik durch das Handwerk bestimmt. Eine Verbindung zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen wird dabei nur sporadisch hergestellt. Die Periode der Entstehung technischer Wissenschaften taxieren sie von der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts bis zu den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts. Praktische Aufgaben besonders in der Produktion werden in dieser Phase Schritt für Schritt mithilfe wissenschaftlicher Kenntnisse angegangen. Die technischen Wissenschaften formieren sich als eigenständige Disziplinen. Dort dominiert zunächst die experimentelle Methode. Das technische Wissen besitzt noch nicht den Status einer Theorie. Ab dem Beginn des 18. Jahrhunderts beginnen dann die technischen Kenntnisse einen theoretischen Charakter

anzunehmen. Als „klassische“ Periode der technischen Wissenschaften bezeichnen Iwanow und Tscheschew die Zeit zwischen den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts. Hier präsentieren sich die technischen Wissenschaften ihrer Ansicht nach als voll ausgebildeter Bereich wissenschaftlicher Kenntnisse mit eigenem Gegenstand, spezifischen Mitteln und Methoden sowie einem fest umrissenen Objektbereich der Forschung. Als letzte und andauernde Periode erkennen die Autoren in der Gegenwart eine neue Entwicklungsetappe und zwar der Wissenschaft im allgemeinen und damit auch der technischen Wissenschaften. Verursacht sehen sie diese Phase durch die wissenschaftlich-technische Revolution. Wenngleich, wie sie 1982 betonen, noch nicht alle Folgen dieser Revolution sichtbar sind, sind bestimmende Elemente dieser Entwicklung die zunehmende Integration naturwissenschaftlich-technischen Wissens und die Entwicklung großer Wissenschaftskomplexe.
Die nachfolgende Darstellung der Genese technischer Bildung nimmt Anleihen aus den vorgenannten Phasenmodellen und gliedert sich in drei große Abschnitte: Zunächst wird der lange Zeitraum zwischen Antike und ausgehendem Mittelalter ins Visier genommen, in dem Technik und Vermittlung technischen *Know-how‘s* hauptsächlich am Erfahrungswissen des Handwerks ausgerichtet sind. Anschließend rückt der Zeitabschnitt ins Blickfeld, der mit der so genannten Neuzeit beginnt und in dem die sich formierenden Naturwissenschaften, die Kunst und die Technik fruchtbare Bande knüpfen. In diesem Zeitabschnitt kristallisiert sich der Typus des Technikers heraus, ohne dass Status und Ausbildung bereits fixiert wären. Der Fokus des dritten Abschnitts legt einen gewissen Schwerpunkt auf das 19. Jahrhundert, weil hier die bis heute so nachhaltig wirkenden Weichen für Bildung, Schule und Technikwissenschaft gestellt werden.

2.1 Technische Bildung in der vorwissenschaftlichen Phase

Der Mensch versuchte zu allen Zeiten, den Widrigkeiten der Natur mit Hilfe der Technik zu trotzen und sich durch Spezialisierung den jeweiligen Veränderungen seines Umfeldes anzupassen. Die eigentliche Technikgeschichte beginnt wohl in der Zeitspanne, als der Mensch anfing, vorgefundene Objekte für einen bestimmten Zweck zu verändern und das Veränderte jeweils besser zu finden als das vorgefundene (von Westphalen 1984, S. 17). Zu den Eigenschaften, die hierfür unabdingbar sind, zählt neben anatomischen Anlagen vor allem die Befähigung zu komplexen kognitiven Denkakten. Dazu gehört es beispielsweise, sich für ein vorgedachtes Ziel verschiedener Instrumente zu bedienen, diese für artverwandte Tätigkeiten einzusetzen oder auf neue Situationen zu übertragen. Mit Peter Janich (2006, S. 28) kann man in diesem Zusammenhang auch von technischen Handlungsrationalitäten oder Methoden sprechen, die für die jeweilige Kulturhöhe konstitutiv, jedoch nicht auf eindeutige Verwendungsbestimmungen festgelegt sind. Durch neue Zwecksetzungen und Umdeutungen entwickeln sich Technik und Methoden weiter.
Anders als man es vermuten könnte, erweist sich die Technikgeschichte jedoch nicht durchweg als linearer Prozess, sondern als Abfolge unterschiedlicher Phasen des Fortschritts, Stillstandes oder gar Rückschritts (vgl. Horn-van Nispen 1999). Technik und Technologien bildeten sich vor dem Hintergrund teilweise recht unterschiedlicher geographischer, klimatischer, wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und kultureller Bedingungen aus. Das jeweils akkumulierte fachliche Können und Wissen sicherte die Existenz des Menschen und wurde auf formellen oder informellen Wegen weitergegeben, unterlag dabei jedoch den geschichtlichen Umbrüchen und Zäsuren.
In ihrer ursprünglichen Form erfolgt die Tradierung dieses Wissens in einem einfachen Mithelfen und Mitwirken bzw. in dem auf Anschauen und Erfahrung beruhenden Nachahmen bestimmter Fertigkeiten und Verhaltensweisen (Hoffmann 1962, S. 5). Der Sprache kam als großer Kulturbehälter dabei sicher eine bedeutende Rolle zu (Mumford 1977, S. 118).
Vor gut 7500 Jahren tauschten die Menschen das unstete Nomadenleben als Jäger und Sammler

mit einem Leben als sesshafte Bauern, die Ackerbau und Viehzucht betrieben. Das Lebensnotwendige musste nunmehr nicht mehr gesucht, sondern erzeugt werden. In der Folge kam es zu einer Vielzahl technischer und landwirtschaftlicher Innovationen. Die Zeugnisse der ersten Hochkulturen, etwa der Sumerer im Zweistromland zwischen Euphrat und Tigris, das Pharaonenreich in Ägypten oder die chinesische Kultur zeigen eindrücklich, zu welch technischen Leistungen die Menschen schon ab ca. 5000 v. Chr. fähig waren. Die Erstellung der Bauwerke, Geräte oder Apparaturen wäre ohne akkumuliertes und tradiertes Wissen der Handwerker, Planer und Baumeister nicht möglich gewesen (vgl. Bagg & Cancik-Kirschbaum 2006). Wenngleich daher eine nähere Beschäftigung mit der Struktur, Entstehung und Weitergabe des vorantiken technischen Wissens und Könnens durchaus angebracht wäre, soll der Rückblick in die Geschichte technischer Bildung aber in der Antike beginnen, in jener Epoche also, in der die Grundlagen für unsere europäische Kultur so nachhaltig angelegt wurden.

Bedeutung von Handwerk und Technik in der Antike: Die griechische Zivilisation kann nicht unabhängig von den übrigen Kulturen und Völkern des Mittelmeerraumes gesehen werden. Aus dem östlichen Mittelmeerraum erhielt sie wichtige Impulse, die sie aufnahm und weiterentwickelte (Schneider 2009). Daraus resultierten beeindruckende Leistungen in Naturwissenschaft und Technik. Allerdings informieren nur wenige Quellen über Herkunft, Ausbildung und Stellung derjenigen Personen, die die bis heute sichtbaren Kulturzeugnisse erschufen – die Techniker und Handwerker (vgl. Schneider 2006, S. 33). Zudem ist der Eindruck, den die Zeugnisse über ihre gesellschaftliche Stellung hinterlassen, zwiespältig. Zumindest in der archaischen Zeit der griechischen Antike bildeten die Handwerker so etwas wie die Mittelschicht der Gesellschaft. Brachte man ihnen dort noch Anerkennung und öffentliche Aufmerksamkeit entgegen, so lässt die Interpretation verschiedener Quellen einen Ansehensverlust in der klassischen Epoche vermuten. Hannah Arendt (1989, S. 77) sieht darin eine Folge der gesteigerten Ansprüche an den Polisbürger und der daraus resultierenden Abgrenzung zu allen Tätigkeiten, die nicht direkt dem Politischen zuzurechnen waren. Diese Grenzziehung führte zur Abwertung jeglicher Arbeiten, die nach herrschender Ansicht allein der Notdurft des Lebens geschuldet waren bzw. den Körper abnutzten. Zu diesen wurde auch die handwerkliche Arbeit gezählt. Eine ähnliche Sichtweise lässt sich später in der römischen Oberschicht feststellen. Cicero beispielsweise kann in seiner Schrift „De officiis“ an den Handwerkern nichts Edles finden (*Opifices omnes in sordida arte versantur; nec enim quicquam ingenuum habere potest officina*).

Es wäre jedoch falsch, aus den überlieferten Zeugnissen den Schluss ziehen zu wollen, dass technisches Tun in der Antike generell schlecht beleumundet gewesen wäre. Denn auch für das Gegenteil gibt es Belege: Da sind zum Beispiel die „technischen“ Tricks, denen sich die Götter oder Helden in der griechischen Mythologie bedienen (vgl. Schneider 2006, S. 34). Außerdem deutet der Ruhm einzelner Persönlichkeiten, die wie Ktesibios oder Archimedes im 3. Jahrhundert v. Chr. kreative technische Leistungen erbracht haben, keineswegs auf eine allgemeine Geringschätzung technischen Tuns hin. Ähnliches gilt für die römische Antike. Burkhard Meißner (1999, S. 29) bemerkt dazu, dass die Annahme, die Führungsschichten der Antike wären Technik und Handwerk grundsätzlich ablehnend gegenüber gestanden auch deswegen nicht zutreffend sein kann, „[…] *weil sie technische Gegenstände auch in praktische Details in ihre Literatur integrierten (Plinius), weil Techniker zur Führungsschicht gehören konnten (Galen, Vitruv) und weil die landbesitzenden Oberschichten literarisch ihre eigenen Betätigungen als Techniken behandelten (Aneignung karthagischer Landwirtschaft; Cato)*“.

Es ist also nicht das technische Bewirken an sich, das in der Antike anscheinend Imageschwankungen unterliegt, sondern das dazu erforderliche Wissen und Können. Bereits bei Platon und Aristoteles finden sich Hinweise, die auf die Bedeutung eines an Mathematik und Zahlen orientierten und vertieften Hintergrundwissens von Technikern verweisen. Aristoteles unterscheidet zwischen solchen Tätigkeiten, die spezielle Kenntnisse und Ursachenwissen verlangen und

solchen, die allein Erfahrung voraussetzen. Zur Gruppe derer, die ersteres benötigen, zählt er die Architekten. Ausschließliches Erfahrungswissen wird dagegen den Handwerkern zugewiesen (Schneider 2006, S. 37f.). Öffentliche Anerkennung findet vor allem die wissenschaftliche Kunst, also die Theorie. Damit wird eine soziale und funktionale Differenzierung deutlich, die im Kern auf eine Überordnung des Technikers über den Handwerker hinausläuft (Meißner 1999, S. 15).

Vorherrschende Bildungsinhalte der Antike: Der bis heute wirkende Kern im Bildungsbegriff findet seinen Ausgangspunkt im bereits in der Antike überhöhten Begriff *paideia*. Er bezeichnet zum einen den Prozess der Aneignung, zum anderen das Ideal einer tugendhaften Lebensführung. Ursprünglich eine Umschreibung für die Aufzucht der Kinder, umfasst der Begriff zumindest seit Platon (427-347 v. Chr.) ein komplexes Bündel an Eigenschaften, das sowohl für das öffentliche Wirken, als auch für die Entwicklung des Individuums selbst als sinnvoll erachtet wurde (vgl. Tenorth 1988, S. 40). Das etwa ab dem vierten Jahrhundert v. Chr. darauf abgestellte Fächerspektrum (*enkyklios paideia*) sollte nach der Elementarbildung zum Tragen kommen. Dabei dominiert zunächst die Auseinandersetzung mit sprachlich orientierten Fächern wie Grammatik, Rhetorik und Dialektik. Daran schließt sich die Beschäftigung mit naturwissenschaftlich-mathematischen Inhalten an (Geometrie, Arithmetik, Musik, Astronomie). Im Zusammenhang mit dieser Teilung in drei (*Trivium*) beziehungsweise vier Fächer (*Quadrivium*) spricht man in der Spätantike auch von den sieben freien Künsten (*septem artes liberales*).

Bildung wird in der Antike als Vorrecht jenes privilegierten Teils der Gesellschaft aufgefasst, der infolge seiner gesellschaftlichen Stellung als Adeliger oder Polisbürger einer unmittelbaren Daseinsvorsorge enthoben war und sich so der Muße hingeben konnte, die zur „*Ausbildung der Tugend und zum politischen, polisgemäßen Handeln*“ notwendig war, wie etwa Aristoteles schreibt (zit. nach Meier 1986, S. 55). Die Beschäftigung mit den Inhalten des *enkyklios paideia* sollte es dem gesellschaftlich freien Mann ermöglichen, auch geistig frei zu werden. Dazu sollte er in die Lage versetzt werden, die erfahrbare Welt ordnend zu durchdringen. Nicht beabsichtigt war jedoch, diese Inhalte auch an ihrer direkten praktischen Verwertbarkeit zu messen (vgl. Klemm 1989, S. 21).

Mit technischen Inhalten im gewerblich-handwerklichen beziehungsweise ökonomisch verwertbaren Sinne setzten sich die Zöglinge der antiken Eliten im häuslichen oder schulischen Unterricht daher allenfalls beiläufig auseinander, etwa beim Studium literarischer Texte. Für die Nachkommen der staatstragenden Landbesitzer wäre ein detailliertes technisches Wissen auch wenig zweckdienlich gewesen, strebten sie doch – wenn es der eigene Besitz erlaubte – eher politische oder administrative Tätigkeiten an. Die Masse der Bevölkerung ob frei, an die Scholle gebunden oder versklavt, war von der politischen Partizipation und der dafür als angemessen erachteten Bildung ausgeschlossen.

Mit dem heutigen Anspruch an eine allseitige und auch allgemeine Bildung lässt sich das antike Bildungsprogramm somit kaum vereinen. Das gilt auch für die Art der methodischen Umsetzung. Wie Ewald Terhart (2000, S. 14) bemerkt, kann auf der Ebene des Schulunterrichts von Unterrichtsmethode sowieso nur dann gesprochen werden, wenn man Vormachen, Nachmachen und ggf. Prügeln, bis das Nachgemachte dem Vorgemachten entspricht, schon für Methode halten will. Der Eindruck den das antike Bildungsprogramm hinterlässt, bleibt demnach zwiespältig. Für Heinz-Elmar Tenorth (1988, S. 46) stellen die Schematisierungen des griechischen Bildungsideals, wie die Trennung zwischen einfachem Lernen und wesentlicheren Bildungsprozessen oder die Frontstellung zwischen Menschenbildung und Ausbildung zur Nützlichkeit ein schweres Erbe für die Pädagogik dar.

Technische Bildung und handwerkliche Ausbildung in der Antike – meist eine private Angelegenheit: Trotz der institutionellen Ausrichtung von Erziehung und Bildung auf einen eingeschränkten inhaltlichen Kanon gab es in der Antike natürlich Formen technischer Bildung. Allein die imperialen Ansprüche erforderten sowohl in der Zeit des Hellenismus, als auch in der römischen Kaiserzeit ein hohes Maß an handwerklich-technischer Kompetenz. Die Eroberungen und Reichsgründungen der Antike wären ohne die militärtechnischen Vorteile, etwa im Bereich der Belagerungstechnik, der Waffen- oder Schiffstechnik kaum möglich gewesen (vgl. Schneider 2006, S.46).

Schon in der hellenistischen Zeit hatte sich an dem entweder von Ptolemaios I. (306-282 v. Chr.) oder Ptolemaios II. (285/84-246 v. Chr.) initiierten Museion in Alexandria eine Schule der Mechanik mit eigenem Ausbildungsgang entwickelt. Organisatorisch handelte es sich beim Museion um einen Zusammenschluss verschiedener Gelehrter. Neben Mechanik und Architektur wurde dort auch Optik und Medizin gelehrt. Als Resultat der Forschungen gilt ein beeindruckender Apparatebau, der neben spielerischen Aspekten auch einiges an praktischen Umsetzungen zeitigte (Klemm 1989, S. 29). Die Forschungsstätte überdauerte auch, als Ägypten römische Provinz wurde. Im ersten Jahrhundert n. Chr. betrieb der Grieche Heron – ähnlich wie seine Vorgänger – in Alexandria eine Art Ingenieurausbildung als Fortbildung für Handwerker. Meißner (1997, S. 64) beschreibt die dortige Ausbildung, an der nur teilnehmen konnte, wer eine fundierte Schulbildung und eine praktische Lehre absolviert hatte folgendermaßen: „*Den theoretischen Teil bildeten die mathematischen Grunddisziplinen nebst Physik, während der praktisch handwerkliche Teil bestehen sollte aus Metallhandwerk, Hausbau, Zimmermannshandwerk und praktischen Aspekten des Zeichnens, wobei eine praktische Ausbildung nur in einer der handwerklichen Disziplinen vorausgesetzt wurde.*“

Großen Einfluss auf die Herstellung von Gütern hatten die Erkenntnisse der Männer[4] aus Alexandria anscheinend nicht (Iwanov & Tscheschew 1982, S. 139f.). Ein Grund dafür war wohl das Reservoire an billigen Arbeitskräften. Die Sklavenarbeit machte den Einsatz von Maschinen überflüssig (Klemm 1989, S. 26). Die nach Theorie und Praxis bereits hochentwickelte Maschinenkunde der Alexandriner ging in den folgenden Epochen sogar teilweise wieder verloren (Boehm 1989, S. 68). Für Mumford (1977, S. 285) liegen die Gründe für solche technologischen Rückschritte oder Verzögerungen jedoch nicht ausschließlich im mangelnden gesellschaftlichen Status der Techniker und ihrer Künste bzw. dem Arbeitsreservoir der Sklaven. Handwerkskünste, Berufsgeheimnisse, Erfindungen und das Gefühl einer sicheren Zukunft, für die es sich lohnt, vorzusorgen, sieht er vor allem auch durch die andauernden Kriege und Verwüstungen beeinträchtigt. Für das hauptsächlich in den Köpfen vorhandene und durch verbale Anleitung weitergegebene handwerkliche Wissen müssen – so Mumford (ebd. S. 286) – die Verluste durch Kriege unermesslich gewesen sein.

Anders als bei den geachteten und durch ihre überlieferten Schriften präsenten griechischen und römischen Technikern liegen über das Werden und Wirken der gewerblichen Handwerker in der Antike nur spärliche Kenntnisse vor. Bei den Angehörigen dieser Personengruppe handelte es sich um eine sozial wenig privilegierte Schicht bzw. sogar um Unfreie. Über die Ausbildungsmodalitäten finden sich vereinzelt Hinweise in literarischen, juristischen oder epigrafischen Quellen. Für das römische Reich charakterisiert sie Schulz-Falkenthal (1972, S. 194) aus heutiger Perspektive als noch weitgehend unsystematisch, unorganisiert und mehr spontan, als geregelt.

Wissen und Können erwerben die Lehrlinge vorrangig in der elterlichen Werkstatt bzw. im Familienverband sowie bei Angehörigen der eigenen gesellschaftlichen Schicht. Daneben kamen für die Ausbildung auch Lehrverhältnisse außerhalb der väterlichen Werkstatt in Betracht. Methodisch erfolgt die Tradierung der akkumulierten Erfahrungen in der Frühzeit der handwerklichen Kleinproduktion weitgehend rezeptiv, nämlich durch Übung, Nachahmung und Wiederholung bestimmter Handgriffe und Arbeitsgänge nach gegebenen Vorbildern, später

[4] U.a. Archimedes, Eratosthenes, Heron oder Pappos

auch durch gezieltes Anlernen. Zumindest für die Kaiserzeit ist von einer geordneten Handwerkslehre auszugehen (ebd. S. 212). Zuweilen wurden Ausbildungsverträge abgeschlossen und diese den römischen Behörden aus steuerlichen Gründen auch angezeigt.[5] Ausbilden konnte jeder, der ein Gewerbe betrieb. In die Inhalte der Ausbildung mischte sich der Staat jedoch nicht ein, er kümmerte sich allenfalls um die Rechtsfolgen, beispielsweise, wenn durch Lehrlinge Schäden entstanden (Meißner 1997, S.61f.). Ausgebildet wurde außerdem innerhalb des Militärs. In der römischen Kaiserzeit wurden vereinzelt Schulen für Baumeister eröffnet (Lamprecht 1993, S. 20).

Technisches Schrifttum in der Antike: Das technische Wissen der Griechen findet sich verstreut in unterschiedlichen Quellen. Aufgrund eines ausgeprägten philosophischen Interesses an der Mathematik entstand dazu ein umfangreicher Korpus an Literatur. Schriften zur praktischen Mathematik und Mechanik richteten sich vor allem an Architekten, Bauschaffende oder Landwirte, weniger an Handwerker im engeren Sinne. Für die handwerkliche Ausbildung spielte technisches Schrifttum insgesamt nur eine sekundäre Rolle (Meißner 1999, S. 139).
Etliche, der antiken Denker und Autoren befassen sich konkret mit Technik. Obwohl ihn die überlieferten Werke eher als Mathematiker ausweisen, konstruierte beispielsweise Archimedes von Syracus (etwa 287-212 v. Chr.) verschiedene mechanische Geräte. So wird ihm in der antiken Literatur die Erfindung der Schraube als Wasserhebegerät zugebilligt (Schneider 2006, S. 54f.). Von einigen bedeutenden Naturforschern und Mechanikern der Antike, wie Ktesbios von Alexandria oder Philon von Byzanz (beide etwa im 3. Jahrhundert v. Chr.), weiß man allerdings nur durch andere Autoren (vgl. Landels 1979, S. 241ff.). Vom Griechen Heron von Alexandria (1. Jahrhundert n. Chr.) ist dagegen ein umfangreiches Werk erhalten, in dem er sich neben Pneumatik, Vermessungslehre und Geschützbau (hier bearbeitete er Schriften von Ktesbios) auch der Konstruktion von mechanischen Automaten für Tempel und Theater widmete. Das technische Werk des ungefähr um 35 n. Chr. geborenen Römers Sextus Iulius Frontinus konzentrierte sich auf die Wasserversorgung bzw. den Wasserbau.
Nicht nur der Stand technischen Wissens, sondern auch das Selbstverständnis der „Techniker“ lassen sich aus der antiken Literatur ableiten. So trat etwa Heron von Alexandria seine Arbeit mit dem didaktischen Anspruch an, die Technik über die reine Darstellung hinaus so weit zu klären, dass auch Anfertigung und Nachbau durch andere gelingen können. Die Technik dem allgemeinen Bildungsbewusstsein zu öffnen, war auch der Anspruch des Römers Vitruv (Meißner 1999, S. 70ff.). Vitruvs „Zehn Bücher zur Architektur“ (De architectura), wahrscheinlich um 30 v. Chr. entstanden, dienten über Jahrhunderte als Lehrbuch für Architektur und Baukunst. In seinen Ausführungen zu mechanischen Hilfsmitteln im Bauwesen im zehnten Buch bezieht er sich wohl auch auf hellenistische Vorbilder und definiert dort wahrscheinlich zum ersten Mal in der Geschichte den Begriff Maschine: „*Eine Maschine ist die Vereinigung miteinander verbundener ... Teile, die über gewaltige Kräfte zur Fortbewegung von Lasten verfügt.*“
Interessant ist unter anderem, was er im ersten Buch über die Erziehung eines angehenden Architekten schreibt: Neben mathematischen und zeichnerischen Kenntnissen und Fähigkeiten sollte dieser auch literarisch und philosophisch gebildet sein. Des Weiteren benötigt er seiner Meinung nach akustische, musische, medizinische, astronomische und rechtliche Kenntnisse (vgl. Klemm 1989, S. 34). Unschwer erkennbar, dass auch hier die „*artes liberales*“ das Fundament der Ausbildung bilden sollten. Das enzyklopädische Wissen, das für die Tätigkeit von Architekten als notwendig erachtet wird, soll sie zur Leitung befähigen und unterscheidet sie von den Ausführenden, den Handwerkern (vgl. Landes 1979, S. 255).
Dass ein systematischer Austausch zwischen dem vorhandenen und teilweise bereits auf abstraktem Niveau ausgeprägten naturwissenschaftlichem Wissen und dem Bereich handwerklicher Produktion die Technik hätte beflügeln können, dafür sah wohl auch Vitruv keinen Anlass.

[5] Constantius und Constans (337 n. Chr. und Folgejahre) erweiterten eine Steuerbefreiung, die seit Augustus für Lehrer der artes liberales üblich war auch auf solche Techniker und Handwerker, die als Ausbilder fungierten.

Für Iwanow und Tscheschew (1982, S. 98) ist dies mit ein Grund dafür, dass die Ausbildung einer technischen Theorie sowie die Formulierung quantitativer Relationen in der Antike nicht gelangen.

Handwerk der Germanen und frühes Mittelalter: Im Vergleich zur teils bereits recht ausgeprägten Arbeitsteiligkeit und zum überregionalen Warenaustausch innerhalb des römischen Reichs zeigen sich die Wirtschaftsstrukturen im germanisch dominierten Nord- und Osteuropa kleinteiliger. Schriftliche Zeugnisse fehlen weitestgehend. Archäologische Funde belegen jedoch, dass Handwerk und Gewerbe ab dem 1. Jahrhundert nach Chr. auch dort einen deutlichen Aufschwung erfuhren (vgl. Heather 2011, S. 113ff.). Generell ist von einer dezentralen Fertigung der Gebrauchsgegenstände für den eigenen Bedarf oder den regionalen Güteraustausch auszugehen. Der Spezialisierungsgrad war daher zumeist nur soweit ausgeprägt, wie es die vordringliche landwirtschaftliche Arbeit gestattete. In den meisten Fällen handelte es sich um Hauswerk (u.a. Spinnen, Weben, Holz- und Lederverarbeitung und Töpferei) und nebenerwerbswirtschaftliches Handwerk, das in Handwerkshäusern einer bäuerlichen Betriebsgemeinschaft ausgeübt wurde. Sowohl die Kunstfertigkeit einzelner Fundstücke, als auch die Ausdehnung verschiedener Produktionsstätten, die augenscheinlich für eine überregionale Fertigung ausgelegt waren, lassen zumindest punktuell auf ein ausgeprägtes handwerkliches Gewerbswesen mit einer systematischen Kenntnis- und Fertigkeitsübertragung schließen. Auch Formen „mobilen Handwerks“ existierten (Prinz 2006, S. 221ff.). Über die Art der Ausbildung lassen die Funde dagegen keine Schlüsse zu.
Die Quellenlage zur Wirtschaftsgeschichte des Frühmittelalters ist ebenfalls dürftig. Nach dem Verfall der römischen Verwaltungs- und Militärstrukturen sowie in Folge der kriegerischen Konflikte waren die Menschen wieder mehr der Natur in einem engen Lebensraum ausgeliefert. Das Gros der Gesellschaft war von der Landwirtschaft abhängig. Geistliche und Krieger lebten von den Naturalabgaben. Einige Tätigkeiten wurden dagegen hauptberuflich ausgeführt. Beispiele hierfür sind der Schmied, Müller oder Baufachleute (Brunner 1988, S. 193ff.). Qualität und Kunstfertigkeit einzelner archäologischer Funde wie Waffen oder Schmuck belegen zumindest im Schmiedehandwerk und in der Edelmetallverarbeitung ein hohes Maß an Spezialisierung, das sich in dieser Form wohl kaum ohne eingehende Beschäftigung und Ausbildung entwickeln konnte (vgl. Moosleitner 1988; Voß 2020).

Kirche, Klöster und Bildung im Mittelalter: Im frühen Mittelalter mit seiner klerikal und feudal geprägten Gesellschafts- sowie der agrarisch geprägten Wirtschaftsordnung spielte schulische Bildung generell eine untergeordnete Rolle. Im Vergleich zur Antike ist ein allgemeiner Verfall der Schreib- und Lesefähigkeiten zu verzeichnen (Tenorth 1988, S. 52). Das galt besonders für den Bereich nördlich der Alpen.
Die Vermittlung technischen Wissens erfolgte – wie vorher auch – ausschließlich innerhalb der einzelnen handwerklichen Disziplinen. Anfangs waren es vor allem die Wirtschaftsbetriebe der Klöster, in denen (Kunst-)Handwerk betrieben und das dazugehörige Wissen und Können auch weitergegeben wurde (vgl. Boehm 1989, S. 88ff.; Klemm 1989, S. 45ff.). Weniger die oft aus dem Adel stammenden Mönche selbst, deren gesellschaftliche Stellung oder auch religiöse Anschauung körperliche Arbeit unmöglich machte, als vielmehr die von Klöstern und Grundherrschaft abhängigen Bauern bildeten die Vorläufer des mittelalterlichen Handwerkers (Frenz 1997, S. 102 f.).
Was zunächst als Eigenproduktion aufgrund landwirtschaftlicher oder häuslicher Belange begann, führte zur Entwicklung spezieller Techniken und Fertigkeiten. Diese ermöglichten dann eine über die Erfordernisse des eigenen Hofes oder Dorfes hinausreichende Produktion. Der Umschlag dieser Waren erfolgte anfangs wohl vor allem als ein auf Fremdkunden abzielender Gütertausch. Erst der Übergang von der Naturalwirtschaft zur Geldwirtschaft sowie die Ent-

wicklung des städtischen Lebens ermöglichten dem „Spezialisten“ eine Lösung aus dem grundherrschaftlichen Abhängigkeitsverhältnis und in der Folge die Herausbildung des Typus des mittelalterlichen Handwerkers.
Eine zentrale Stellung innerhalb der mittelalterlichen Gesellschaft nahm die Kirche ein. Dies manifestierte sich deutlich im Kirchenbau, dem im Mittelalter architektonisch die Rolle eines Leitbaus zukam. Beispielhaft lassen sich daran der Stand der handwerklich-technischen Entwicklung sowie strukturelle Zusammenhänge handwerklicher Ausbildung analysieren. Die großen Kirchenbauten waren Kulminationspunkte innovativen technischen Wissens, bei denen verschiedene Gewerke aufeinander abgestimmt werden mussten: Steinmetze, Zimmermänner, Schmiede sowie Spezialisten für mechanische Anlagen wie Baukräne arbeiteten Hand in Hand. Ein gesichertes wissenschaftliches Fundament für die Statik der großen Kirchen gab es nicht. Wichtigste Grundlage blieb die Erfahrung (Popplow 2006, S. 77).
Bautechnisches Wissen wurde unter anderem durch Reisen und Zusammenkünfte von Werkmeistern und Bauhandwerkern transportiert. Inwieweit das Wissen der in den Klöstern aufbewahrten und vervielfältigten antiken Schriften Eingang in den technischen Produktionsprozess gefunden hat, ist umstritten. Da aber Werkmeister in Klöstern ausgebildet wurden und sich vereinzelt Äbte und Bischöfe auch selbst in die Architektur vertieften, um planende oder sogar ausführende Aufgaben zu übernehmen, darf angenommen werden, dass konstruktives Wissen mündlich an die Bauschaffenden weitergegeben wurde (Conrad 2011, S. 33ff.).
Zusätzlich zur religiösen und wirtschaftlichen Bedeutung kam der Kirche im Mittelalter mit ihren Kloster-, Dom- und Pfarrschulen eine herausragende Bildungsfunktion zu. Lehrer und Schüler waren allerdings überwiegend Geistliche oder bereiteten sich auf eine solche Aufgabe vor. Die Lehrinhalte änderten sich im Verlauf des Mittelalters nur wenig: Man setzte vorrangig auf den Lateinunterricht entlang des Triviums oder aller sieben Künste. Die *artes liberales* sollten nach der Elementarausbildung klösterlicher Novizen auf das eigentliche Kerngebiet klösterlicher Studien vorbereiten – die Theologie (Böhlandt 2009, S. 81).
Dem Anspruch, alle sieben freien Künste zu unterrichten, konnten indes wohl die wenigsten Schulen gerecht werden. Tatsächlich kam man zumeist über den lateinischen Grammatikunterricht nicht hinaus (Kintzinger 2003, S. 79). Dem Auswendiglernen kam in allen diesen Einrichtungen methodisch eine große Bedeutung zu (vgl. Terhart 2000, S. 14). Die ritterliche Erziehung vollzog sich in elterlicher Obhut und an einem fremden Hof (Schlagenhauf 1997, S. 51).

Bedeutung des Technischen Wissens im Mittelalter: Neben dem Bauwesen zählen vor allem die Militärtechnik, die Wasserversorgung oder auch der Mühlenbau zu den Bereichen im Mittelalter, in denen technisches Wissen akkumuliert wurde. Die Kenntnisse über Konstruktion und Herstellung wurden innerhalb von Familienverbänden und handwerklichen Ausbildungsverhältnissen weitergereicht (vgl. Popplow 2006, S. 81).
Gebrauchten die Meister aus dem Handwerkerstand die Begriffe *artes* oder *scientia*, dann bezogen sie sich auf das praktikable technische Wissen, das auch als *artes mechanicae* bezeichnet wurde. Aufgrund der Komplexität verschiedener Anlagen, etwa im Bereich der Mühlentechnik, würde man vermuten, dass die Auseinandersetzung mit mechanischen Aspekten dabei eine prominente Rolle spielte (Popplow 1998, S. 15). Allerdings bezog sich der Bedeutungsgehalt der *artes mechanicae* nicht auf physikalisch-mechanische Zusammenhänge, sondern meinte eher alle Tätigkeitsbereiche, die der Erhaltung menschlichen Lebens dienten (Conrad 2011, S. 299). In den Lehrplänen mittelalterlicher Schulen oder Universitäten sucht man die *artes mechanicae* indes vergeblich. Dem damit verbundenen Wissen kam im Vergleich zu den *artes liberales* kaum Prestige zu. Mit regionalen und berufsspezifischen Ausnahmen besaß der Begriff sogar eine abwertende Konnotation und bezog sich auf Verrichtungen unterer Gesellschaftsschichten (vgl. Flachenecker 1996, S. 493ff.). Erst im 12. Jahrhundert wurde dem technischen Wissen etwas mehr Bedeutung beigemessen.
Um das Jahr 1130 hatte der gelehrte Hugo von St. Viktor ein Handbuch der Wissenschaften

verfasst, in dem er ein Begriffsvokabular für die handwerklich-technischen Fertigkeiten erfand. Analog zu den Sieben Freien Künsten definierte er sieben mechanische Künste, die *artes mechanicae*: Dazu zählte er die Stoffverarbeitung (*lanificium*), die bildende Kunst und das Waffenhandwerk (*armatura*), den Handel zu Wasser und zu Lande (*navigatio*), den Gartenbau (*agricultura*), das Lebensmittelgewerbe (*venatio*), die praktische Heilkunst (*medicina*) und das Schauspiel oder Ritterspiel (*theatrica*). Martin Kintzinger (2003, S. 128) bemerkt dazu: „*Es verstand sich, daß für alle diese Fächer die Verbindung von elementarem Wissen und handwerklicher Fertigkeit unerläßlich war, daß sie alle durch Unterrichtsbesuch und Ausbildung erlernt werden mußten und daß in ihnen allen eine Meisterschaft erreichbar war. Das Erklärungsmodell Hugos von St. Viktor stellt geradezu die Ordnungen einer Kultur dar, die das Handwerk wie den Handel, den Bürger wie den Adeligen, die Unterhaltung wie die Gesundheitsfürsorge umfaßt. Eine »moderne« Vorstellung alternativen Wissens gegenüber der vermeintlichen Dominanz der traditionalen schriftlichen, lateinischen Gelehrsamkeit scheint hier auf und doch zugleich die grundlegende Beschreibung bürgerlicher Erwerbstätigkeit*“.
Resümierend lässt sich konstatieren, dass die *artes mechanicae* im mittelalterlichen Verständnis nie den Rang der *artes liberales* erlangten, obwohl die christliche Tradition dem handwerklichen Tun eigentlich zugetan war. Mit Ausnahme von Bauhüttenbüchern oder Schriften zur Militärtechnik findet sich kaum technische Literatur. [6] Dieser Mangel an Schrifttum, generell die Abstinenz von Lehrbüchern und damit die Abstinenz der theoretischen Dimension trugen mit dazu bei, dass die mechanischen Künste ausschließlich als manuelles, materiegebundenes und den leiblichen Bedürfnissen zugeordnetes Schaffen niederer Stände verstanden wurden (Boehm 1989, S. 71).

Entwicklung von Städten, Schulen und Universitäten: Für die Fortentwicklung der technischen Kultur Europas entscheidend wurden die urbanen Strukturen. In den Städten fand sich sowohl das Maß an Freiheit und stabiler gesellschaftlicher Verhältnisse als auch die Erfahrungstradition, auf deren Grundlage Erfindungen reifen konnten (vgl. Boehm 1989, S. 93). Mit der Entwicklung der Städte fällt zudem das kirchliche Bildungsmonopol. Denn nach und nach etablierte sich dort ein schulisches Angebot, das sich allerdings zunächst wenig von demjenigen kirchlicher Schulen unterschied. Unterrichtet wurden religiöse Inhalte, Lesen und Schreiben und eben Latein.
Die zentrale Stellung des Lateins war nicht nur der Dominanz kirchlicher Aufsichtsbehörden, sondern auch der Bedeutung der Sprache für die Abfassung von Urkunden und Verträgen geschuldet. Die Schüler der etwa ab dem 14. Jahrhundert als private Gründungen entstehenden „deutschen Schulen“ beschäftigten sich dagegen überwiegend mit Schreiben und Lesen, nicht immer auch mit Rechnen. Mit 14 Jahren war die Schulzeit im Allgemeinen beendet. Der Eintritt in eine Lehre erfolgte ungefähr zwischen 12 und 14 Jahren (vgl. Kintzinger 2003, S. 135).
Die Spezialisierung des Lehrpersonals an Dom- oder Kathedralschulen bereitete den Boden für die Gründung der abendländischen Universität. Zwischen dem Jahr 1200 und dem Ende des Mittelalters entstanden in Europa ca. 75 Universitäten, davon – etwas verspätet – ab der Mitte des 14. Jahrhunderts zwanzig in Deutschland (Müller 1996, S.12). Die Aufnahme von Studien an einer der Universitäten begann wohl selten vor dem 14. Lebensjahr (Kintzinger 2008). Neben Theologie, Jurisprudenz oder Medizin blieben auch die traditionellen Fächer (*artes liberales*) an den Universitäten in den Artistenfakultäten weitestgehend erhalten. Das Studium des an den Hochschulen gelehrten Quadriviums (Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie) schloss die Mechanik mit ein. Sinn und Zweck dieses Studiums war aber nicht, es auf die Produktionssphäre zu beziehen, sondern allein, die Welt zu erkennen (Conrad 2011, S. 299).

[6] Ein Beispiel für technische Literatur ist das Bauhüttenbuch des Villard de Honnecourt, das etwa in der Zeit zwischen 1225 und 1235 verfasst wurde. Mit seinem Werk „Bellifortis“ hat Konrad Kyeser (1355-1405) eine reich bebilderte Handschrift über die Kriegstechnik erfasst. Im Spätmittelalter tauchen auch erste Geometriebücher auf, etwa von Matthäus Roricer (ca. 1430- 1492). Näheres zu den Bauhüttenbüchern bei Conrad 2011 (S. 80ff.).

Die hauptsächliche Lehrmethode war die *lectio*, also die Vorlesung. Die Inhalte konnten im Frage-Antwort Wechsel einer *disputatio* vertieft werden. Dem Einpauken des Stoffes dienten zudem Wiederholungsübungen (*repetitiones* oder *resumptiones*). Alle Lehrveranstaltungen fanden in lateinischer Sprache statt (Müller 1996, S. 26).

Der Rahmen für technische Bildung im Mittelalter – Handwerk und Zunft: In Folge des wirtschaftlichen Aufstiegs des städtischen Bürgertums kam es zu korporativen Institutionen, die u.a. Zusammenhalt und Einfluss gegenüber Adel und Kirche stärken sollten. Die Handwerker des Mittelalters schließen sich in der Regel in einer Zunft zusammen (vgl. Klemm 1989, S. 62ff.). Sie ist nicht allein als Interessenorganisation zu begreifen, sondern als eine besondere Lebensform mit sozialen, religiösen und beruflichen Verpflichtungen. Ein Lehrling, der seine Ausbildung beginnt, tritt in ein doppeltes Rechtsverhältnis ein: zu seinem Lehrherrn bzw. Meister und zur Zunft. In einem zumeist mündlichen Vertrag zwischen Lehrling und Meister werden die Höhe des Lehrgelds sowie die Dauer der Lehrzeit vereinbart. Sie umfasst in der Regel einen Zeitraum von zwei bis sechs Jahren (Frenz 1997, S. 104ff.). Inhaltliche Aspekte der Ausbildung werden im Rahmen solcher Verträge nicht festgelegt. Neben beruflichen Verpflichtungen sind auch Arbeiten des Lehrlings in der Hausgemeinschaft üblich. Seine fachlichen Qualifikationen erwirbt der Lehrling im Rahmen der mit Meister und Gesellen in der Werkstatt praktizierten Arbeitsgemeinschaft nach dem Imitatio- und Repetitio-Modell. „*Von einer systematisch angelegten, curricular objektivierten und didaktisch-methodisch durchdachten Vermittlungsarbeit kann somit nicht ausgegangen werden. Vielmehr entschied ein weithin von Unwägbarkeiten bestimmtes Bündel ausbildungsort- und zunftspezifischer Faktoren die Qualität der fachlichen Ausbildung*“ (König 1997, S. 178).

Selbst als später im 18. Jahrhundert die Forderung nach einer Art Ausbildungsplan erhoben wurde, wollten sich die Zünfte und Meister nicht festlegen. Dies hätte einen allzu starken Eingriff in die familiale sowie arbeitsorganisatorische Struktur bedeutet (Stratmann 1997, S. 156). Ein aufschlussreiches Beispiel dafür, dass die Handwerksfamilie nicht als technologisch lernende Innovationsgemeinschaft, sondern als hierarchische Institution für ein Berufserziehungskonzept angesehen werden muss, zeigt Karlwilhelm Stratmann (1997, S. 162) anhand des „Handbuchs“ eines Buchbindermeisters auf. In diesem Dokument formuliert der Meister seinen Anspruch, dass sämtliche Arbeit nach seinen Anweisungen und seinen Handgriffen zu erfolgen hat und eine Nichtbeachtung als strafbare Handlung gesehen wird.

War die Lehrzeit beendet, schloss sich für den Gesellen eine nicht durchweg übliche Wanderschaft an. Ziel und Zweck war eine Erweiterung der Kenntnisse und Fertigkeiten (Boehm 1989, S. 97). Sofern der Nachweis entsprechender fachlicher Eignung erbracht wurde, konnte der Geselle noch während oder im Anschluss an die Wanderschaft in die Anwartschaft zum Meister eintreten. Für den Aufstieg zum Meister war eine weitere Ausbildungszeit erforderlich. Im Rahmen der Werkmeisterausbildung der Bauhütten oder Steinmetzzünfte beispielsweise erlernte der Handwerker dort unter anderem das Zeichnen, die Regeln praktischer Geometrie, die Grundsätze architektonischen Gestaltens und Konstruierens und die Erfüllung sonstiger Pflichten (Conrad 2011, S. 51).

Mit Blick auf die mittelalterliche Innovationsfähigkeit in Bezug auf die Technik fällt das Urteil zwiespältig aus. Zwar ist, wie Popplow (1998, S.12) feststellt, die Bewertung des Mittelalters als statische Periode aus technikhistorischer Sicht heute überholt. Denn die Bedeutung verschiedener technischer Innovationen, wie die Entwicklung leistungsfähigerer Pflüge oder mechanischer Räderuhren, kann kaum überschätzt werden. Mit Blick auf Tradierung und Weiterentwicklung des technischen Wissens erweist sich jedoch besonders das mittelalterliche Zunftwesen als bewahrende Institution – in zweierlei Hinsicht: Zum einen, weil es über das rechtlich abgesicherte Verhältnis zwischen Meister, Geselle und Lehrling die Weitergabe beruflichen Wissens organisierte. Zum andern aber auch, weil es als Sozialisationsinstanz beharrlich an alten Traditionen und Arbeitsweisen festhielt. Damit behinderte es nicht nur manche sinnvolle

technische Neuerung, sondern wurde angesichts zunehmenden Wissens und zunehmender Komplexität technischer Aufgaben auch ihrer Qualifizierungsfunktion nur mehr unzureichend gerecht. Natürlich waren Innovationen nicht gänzlich unmöglich, allerdings dauerten Veränderungen sehr lange und erfolgten als Konsequenz kollektiver Bemühungen (Sennett 2008, S. 99).

Repräsentation und Wesen des handwerklich-technischen Wissens: Das Mittelalter hat zahllose technische Neuerungen hervorgebracht. Es schmälert daher die kulturelle Bedeutung der beeindruckenden Bau- und Kunstwerke des Mittelalters keineswegs, wenn man feststellt, dass es sich bei dem zugrundeliegenden technisch-künstlerischen Wissen überwiegend um Handlungswissen handelt. Als solches ist es nicht etwa das Resultat abstrakter, konstruktiv-theoretischer Überlegungen, sondern ausführlicher Praxis, Übung und Erfahrung (vgl. Blankertz 1969, S. 19).

Die Leistung der Handwerksmeister, etwa in den Dombauhütten, wird umso bemerkenswerter, wenn man bedenkt, dass sie ihre Werke ohne statische Grundkenntnisse schufen. Selbst eine umfangreichere zeichnerische Klärung, wie sie ab dem 14. oder 15. Jahrhundert im Konstruktionsprozess zunehmend üblicher werden sollte, ist im Mittelalter wohl nicht durchweg gängige Praxis. Technische Details wurden entweder vorsätzlich oder beiläufig in Papier- oder Pergamentkodizes dargestellt. Eberhard Knobloch (1996, S. 45) unterschiedet sie in vier Typen: Miniaturen in Form von Buchmalereien, Instrumenten und Maschinenzeichnungen, Darstellungen in den Kriegs- und Büchsenmeisterhandschriften sowie Planrisse, Bau- und Architekturzeichnungen.

Die großen Bauwerke sind zwar sicher nicht ohne zeichnerische Planungsgrundlagen entstanden – von einigen hochmittelalterlichen Kathedralen sind Pergamentzeichnungen bis heute erhalten – von der Masse mittelalterlicher Bauwerke existieren jedoch keinerlei Konstruktionsunterlagen. Vor der Einführung des Papiers im 14. Jahrhundert lag dies möglicherweise auch am Mangel eines erschwinglichen und haltbaren Zeichnungsträgers. Die fehlende Arbeitsteilung machte eine umfängliche technische Kommunikation allerdings auch nicht unbedingt erforderlich. Die Handwerker waren oftmals sowohl Konstrukteure als auch Ausführende. Detailfragen konnten im mündlichen Gespräch vor Ort geklärt werden. Manche Konstruktion wurde daher einfach auf dem Boden aufgebracht und die Maße dann von dort übernommen. Dies erklärt zugleich, warum mittelalterliche Zeichnungen so wenige Maßeintragungen beinhalten (vgl. Popplow 2006, S. 110; Conrad 2011, S. 74ff.).

Von den etwa 5000 erhaltenen Zeichnungen vom 13. Jahrhundert aufwärts enthalten nur rund ein Duzend Größenangaben. Die Zeichnungen waren daher wohl eher Mustersammlungen des Baumeisters, die seine Leistungsfähigkeit demonstrieren sollten (Knobloch 1996, S. 50). Die Darstellungen zu Instrumenten, Maschinen oder Kriegsgerät sollten deren Wirkungsweise illustrieren, gaben aber in der Regel keine Auskunft über Konstruktion oder Material. Einheitlicher stellen sich dagegen die Bauzeichnungen dar. Sie wurden nach festen Regeln durchgeführt, so dass sie auch von anderen Bauleuten genutzt werden konnten (ebd. S. 54).

Sieht man von der durchaus gängigen Arbeitsteilung zwischen Baumeistern und ausführenden Handwerkern bei größeren Bauwerken ab, ist die Trennung zwischen Kopf und Hand eher ein Attribut neuzeitlicher Technik. Handwerkliche Arbeit zeichnet sich seit jeher durch ihren ganzheitlichen Charakter aus. Bewegungsfolgen sind durch langes Üben eingeschliffen und entsprechen einer bestimmten Handlungsgestalt und Linienführung (vgl. Linke 1961, S. fff.). Organisatorisch werden im Handwerk möglichst viele Arbeitsaufgaben einzelnen Personen und nicht verschiedenen Personen getrennte Zuständigkeitsbereiche zugewiesen. Arbeitsteiligkeit und Hierarchiestufen sind daher weitaus weniger ausdifferenziert als in den Manufakturen oder Fabriken der Neuzeit (vgl. Sperling 1997, S. 196f.). Experimentelle Erfahrungen, Kreativität und Erfindungsreichtum haben ebenfalls ihren Platz im handwerklichen Tun. Zu Unrecht werden sie dort heute oft etwas abwertend mit „praktischer Intelligenz“ umschrieben. In der Ganzheitlichkeit dieser Form technischen Schaffens liegt auch der eigentliche Wert für Bildungszwecke

begründet. Der Bildungswert wird nur dann geschmälert, wenn das Leitbild handwerklicher Qualität allzu dominant wird. Denn wo Gleichförmigkeit und Routine im beruflichen Alltag zu Perfektionismus führen können, besteht in der Technischen Allgemeinbildung die Gefahr, dass Vielseitigkeit und Kreativität auf der Strecke bleiben.
Dass der beginnende Siegeszug der Technik in der Neuzeit keiner des Handwerks wurde, hat verschiedene Ursachen. Ein Grund war der Abstand zu Mathematik und Naturgesetzen, also zu den immateriellen Werkzeugen, mit denen sich Technik theoretisch-abstrakt erfassen und unabhängig von der praktischen Umsetzung weiterentwickeln lässt.

2.2 Vom Handwerker zum Techniker – Technische Bildung im Übergang

Dem Zweck entsprechend, nämlich die geschichtlichen Wurzeln heutiger technischer Bildung zu skizzieren, müssen die folgenden Betrachtungen räumlich und zeitlich wieder auf Europa begrenzt bleiben. Zeitlich fokussiert wird im nachfolgenden Abschnitt eine Epoche, die Historiker insgesamt der neueren Geschichte zurechnen. Den Beginn dieser Epoche leitet die Renaissance ein. Sie ist durchaus in Kontinuität zum Mittelalter zu sehen, zeichnet sich jedoch durch eine Expansion des Wissens- und Wertehorizontes aus. Die Entdeckung neuer Welten, ein Zuwachs an naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, die sich konstituierenden Territorialstaaten oder die Herausbildung einer zunehmend selbstbewussten bürgerlichen Schicht – das alles sind Gründe dafür, diesem Zeitabschnitt eine eigene wissenschafts-, wirtschafts- und technikgeschichtliche Bedeutung zuzugestehen (Boshof, Düwell & Kloft 1994, S. 211, ff.).

Aufbruch zur Theorie – die Bedeutung der Naturwissenschaften in der Renaissance: Der Zeitraum zwischen 15. und 16. Jahrhundert steht im Gegensatz zum Mittelalter ideengeschichtlich für das Streben nach einer analytischen Durchdringung der diesseitigen Welt, ökonomisch für einen durch Fürstenhäuser, Adels- und Bürgerfamilien vorangetriebenen beispiellosen wirtschaftlichen Aufschwung. Trotz der definitorischen Abgrenzung zur vorangegangenen Epoche waren es zahlreiche mittelalterliche Entwicklungen und Prozesse, die den Neuerungen Schritt für Schritt den Boden bereiteten. Generell ist das, was wir zusammengefasst als Renaissance beschreiben, die Folge eines Umbruchs in den politischen, religiösen, künstlerischen und wirtschaftlichen Koordinaten.
Bereits die mittelalterlichen Scholastiker suchten die Rationalität der Welt zu ergründen. Allerdings war, so bemerkt Mumford (1977, S. 362f.), für sie die unsichtbare Welt die reale. Der Umbruch zeigte sich nun in der systematischen Beobachtung und Erforschung natürlicher Phänomene und im Bestreben, die Ergebnisse in ein von religiösen Restriktionen befreites Wissensgebäude einzuschreiben. Der Fortschritt bei den Naturwissenschaften, namentlich in der Mechanik, konnte nicht ohne Einfluss auf technische Lösungen bleiben (vgl. Klemm 1989, S. 71ff.; Sonnemann 1978, S. 174ff.; Fischer 2004, S. 146).
Um freilich zu der, in den folgenden Jahrhunderten bestimmenden Ausweitung der Realtechnik zu kommen, musste zunächst eine Verbindung hergestellt werden, zwischen dem auf Erfahrung basierenden „Werkstättenwissen“ auf der einen und dem parallel dazu gelehrten naturwissenschaftlich-technischen „Schulwissen“ auf der anderen Seite (vgl. Gallee 2003, S. 47). Für diesen Übergang aus dem Erfahrungsmodus in den Such- und Forschermodus steht die Renaissance.
Gepaart mit ökonomischen Interessen führte der Fortschritt bei den Wissensgrundlagen der Technik zu einer langsamen Ablösung von der Tradition handwerklicher Fertigung, zu einer quantitativen Ausweitung der Produktion sowie zu mehr Arbeitsteilung und Maschineneinsatz. Dies wiederum gab der empirischen Basis technischer Kenntnisse weiteren Auftrieb. Für den spanischen Soziologen José Ortega y Gasset (1956) allesamt Indizien dafür, von der Epoche der „Technik des Technikers“ zu sprechen.

Forscher, Künstler und Ingenieure: Die beherrschende Figur am Beginn dieser Zeitepoche ist aber noch nicht der planmäßig ausgebildete Naturwissenschaftler oder Ingenieur, sondern der interessierte, künstlerisch versierte Autodidakt, der durch Experimente und Versuche den Dingen auf den Grund gehen will (vgl. Klemm 1989, S. 72ff.). Ihre Vorbildung erlangen diese prägenden Persönlichkeiten der Renaissance (*„uomini universali“)* vielfach im Handwerk. Anders als im Mittelalter, bemühten sie sich jedoch vermehrt um theoretische Erkenntnisse.
Die Auseinandersetzung mit Naturwissenschaft und Technik äußert sich in Form von Zeichnungen, Modellen oder theoretischen Überlegungen. Albrecht Dürers (1471-1528) Schrift über die Geometrie „Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheyt“, Galileo Galileis (1564-1642) Werk „Le meccaniche“ oder Francis Bacons (1561-1626) „Novum Organum“ sind beeindruckende Beispiele dafür.
Bei der theoretisch-zeichnerischen Durchdringung technischer Sachverhalte brachte es Leonardo da Vinci (1452-1519) zu einer gewissen Meisterschaft. Beispielhaft ist die Kombination von Ansichten eines Gegenstandes. Auf diese Weise können Eindrücke vermittelt werden, die mit dem menschlichen Auge allein nicht möglich wären. Zu Recht wird Leonardo da Vinci daher als Meister der didaktisch aufbereiteten zeichnerischen Darstellung technischer Gegenstände und als Meister ingenieurtechnischen Wissens bezeichnet. Denn in seinen Skizzen nahm er fast alles vorweg, was erst die spätere Maschinentechnik realisierte (Sonnemann 1978, S. 184). Die seinen Zeichnungen innewohnende Rhetorik charakterisiert Frank Fehrenbach (2006, S. 95) mit drei Begriffen: Perspektivierung, Geometrisierung und Prozessualisierung. Im Bemühen, theoretische Erkenntnisse aus der Praxis abzuleiten, lotete er die Grenzen des damaligen Wissens aus. Für den anderen Weg, nämlich eine direkte Umsetzung von Naturgesetzen in technische Innovationen bedurfte es allerdings noch geraumer Zeit (Popplow 2006, S. 105ff.).
Gleichwohl beginnt in der Renaissance der Prozess der Verwissenschaftlichung der Technik. Genährt durch die Lust am theoretischen Denken, am Experimentieren sowie infolge der Erfahrungen mit neuen Apparaten und Maschinen kommt es zu einer Orientierung der Technik an den Naturgesetzen. In das Zentrum des Interesses rückte die Mechanik, da sie Lösungen für drängende Fragen in Militär-, Schiffbau-, Textil-, Keramik- oder Bautechnik anbot. Die Geometrie bot sich in all diesen Bereichen als verbindendes Werkzeug zur Vermessung, Dokumentation, Berechnung sowie zum fachlichen Austausch an (Popplow 2006, S. 112).
Verschiedene physikalische Probleme beinhalten einen geometrischen Aspekt. Über die geometrische Modellierung und Lösungsfindung können praktische Erkenntnisse in Abstraktionen überführt werden. Das hatten einige Gelehrte bereits in der Antike vorexerziert. Beispiele dafür sind Überlegungen zu mechanischen Zusammenhängen bei Hebel, Rolle, Winde oder Flaschenzug sowie bei der Erfassung von Kräften und Gleichgewichtszuständen. Als nützlicher Wegbereiter, wirksames Werkzeug und Sprache der Naturwissenschaften erwies sich nun aber mehr und mehr die Mathematik. Die Algebraisierung und quantitative Erfassung technischer Probleme bot exakte und allgemeingültige Lösungen und führt ihrerseits zur Ausweitung abstrakt-theoretischer Wissensstrukturen (vgl. Iwanov & Tscheschew 1982, S. 107f.).
Galileo Galilei (1564-1642) blieb es vorbehalten, das bereits von anderen vorbereitete Gebiet der Mechanik zu einem schlüssigen Gedankengebäude zusammenzufügen. Wissenschaftsgeschichtlich wie wissenschaftsmethodisch sind vor allem die Experimente bedeutsam. Seine Veröffentlichungen – etwa die *Diskorsi* – sind zudem auch technikdidaktisch bemerkenswerte Arbeiten. In einer damals beliebten literarischen Form, die nicht nur der fachlichen Auseinandersetzung, sondern auch der Bildung der Öffentlichkeit dienen sollte, wird der Leser mit einem Dialog verschiedener Kontrahenten konfrontiert. Dadurch wird er angeregt, die jeweiligen Denkprozesse mit zu verfolgen und die Argumente aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten.
Mathematik und Physik lösen die Technik vom Zufälligen und von den Einschränkungen der praktischen Erfahrung. Technik wird damit relational, nachprüfbar und berechenbar. Was sich berechnen lässt, stellt sich als klar erkennbarer und beherrschbarer Befund dar und empfiehlt

sich wiederum für die praktische Anwendung (vgl. Litt 1959, S. 15). Im Gegenzug lieferte die Technik ihrerseits die Werkzeuge, die einen Zugewinn an naturwissenschaftlichen Erkenntnissen erst ermöglichten.

Handwerk, persönliches Interesse und Zufall – Technische Bildung am Beginn der Neuzeit: Trotz des verstärkten Ringens um allgemeingültige theoretische Befunde, blieb auch in der Renaissance die praktische handwerkliche Erfahrung die vorherrschende Quelle technischer Lösungen. Selbst Reformation und Aufklärung und der hier einsetzende wirtschaftliche und wissenschaftliche Aufschwung schafften es zunächst nicht, die Ausbildungsdominanz der Zünfte auf breiter Front zu brechen. Das berufliche und technische Rüstzeug erwarb ein Lehrling damit weiterhin in der Praxis. Zur theoretischen Fundierung praktischer Erkenntnisse beigetragen haben dürften daneben die Anfertigung zeichnerischer Vorlagen oder Modelle sowie die tätige Mithilfe des Lehrlings oder Gesellen bei der Korrespondenz des Meisters.
Inwiefern das Handwerk das zunehmend publizierte technische Schrifttum – darunter auch die technologische Fachliteratur der Antike – aufnahm, lässt sich nur schwer sagen. In rascher Folge erscheinen am Übergang des 16. zum 17. Jahrhundert jedenfalls ‚Maschinenbücher'. Es handelt sich dabei jeweils um die Sammlung von Darstellungen und Erläuterungen sowohl praktischer, als auch phantastischer Maschinen und Automaten[7]. In den teils manieristisch gestalteten Schriftwerken boten sich dem Betrachter beispielsweise Auf- und Durchbrüche in Mauerwerk und Maschinenhüllen, mit denen das Innere der Apparaturen sichtbar, ja inszeniert werden sollte (Lazardig 2006, S. 169ff.). Unter den Verfassern dieser Werke befanden sich viele erfahrene Praktiker aus dem Bau- und Maschinenbereich. Die dokumentierten Entwürfe waren indes nicht ausschließlich zur praktischen Anwendung gedacht, sondern verstanden sich auch als Anregungen für Modelle, die in so genannten Kunstkammern ausgestellt werden sollten. Sinn und Zweck dieser von Fürsten oder Privatleuten angelegten Sammlungen war es, dem Besucher lebendige Eindrücke von den Schätzen der Natur und den Schöpfungen des Menschen in Kunst und Gewerbe zu verschaffen. Als „Urform des Museums" erfüllten sie somit einen Bildungsauftrag, sollten aber gleichzeitig das Ansehen ihres Besitzers mehren (vgl. Klemm 1983, S. 72; Troitzsch 2007, S. 251).
Die in Italien bereits ab dem späten 13. Jahrhundert als Ingenieure bezeichneten Persönlichkeiten verfolgten als Autoren der Maschinenbücher natürlich durchaus eigene Interessen (vgl. Popplow 1998, S. 37). Als Angehörige eines erfindungsreichen Berufsstandes, der Neues und Nützliches schafft, sollten ihnen die Veröffentlichungen ebenfalls Ansehen verschaffen. Aufmachung und Gestaltung der Bücher unterlagen dabei der Prämisse, die eigenen wirtschaftlichen Interessen nicht zu gefährden. Daher durften die Druckwerke nur so viel an Details preisgeben, als für die Motivation potenzieller Auftraggeber nötig war und nur so wenig, um sich nicht selbst überflüssig zu machen. Etliche Autoren veröffentlichten ihre Maschinenbücher daher erst dann, als ihnen der aufkommende Erfinderschutz eine gewisse Rückendeckung vor dem unbefugten Nachbau ihrer Konstruktionsideen bot (ebd., S. 93). Der technische Diskurs blieb insgesamt auf relativ überschaubare Zirkel beschränkt, die vor allem aus befreundeten oder interessierten Kollegen sowie potentiellen Kunden bestanden (Popplow 2006, S. 117ff.).
In der Absicht, sich vom zünftigen Handwerk abzusetzen und gleichzeitig ihre gesellschaftliche Stellung zu bekräftigen, verwiesen die neuzeitlichen Ingenieure auf die Trennung zwischen Kopf- und Handarbeit – ganz in der Tradition der Antike (Papplow 1998, S. 130f.). Das konkurrierende Selbstverständnis zwischen Ingenieuren einerseits und den in ihren Traditionen verhafteten Handwerkers andererseits erwies sich als Barriere, die einen breiten Wissenstransfer verhinderte (vgl. Schütte & Gonon 2004, S. 990).

[7] Lazardig (2006, S. 172) zählt u.a. folgende Autoren auf: Agostino Ramelli (1588), Fausto Veranzio (1600), Vittorio Zonka (1607), Giovanni Branca (1629), Heinrich Zeising (1607-1614) und Andreas Böckler (1661).

Auf das Schulwesen hatten die neuen Möglichkeiten zu theoretisch-mathematischer Abstraktion und der Zuwachs an naturwissenschaftlichen Erkenntnissen ebenfalls wenig Einfluss. Die Phalanx des Fächerkanons der für die Mehrheit der Kinder überhaupt zugänglichen und in der Qualität recht unterschiedlichen Schulen wurde im Wesentlichen nicht überwunden. Nur vereinzelt finden sich technisch orientierte Lehranstalten. So blieben bis zum 18. Jahrhunderts weiter entweder eine Lehre im Handwerk, der Zufall oder persönliches Interesse dafür verantwortlich, wie und wo man sich beispielsweise geometrische oder mechanische Kenntnisse zur Lösung bautechnischer oder maschinentechnischer Aufgaben aneignete.

Erste Institutionalisierung technischer Bildung außerhalb des Handwerks: Im Zuge des Übergangs vom Feudalsystem zum Absolutismus wurde die zunftgebundene Berufserziehung mehr und mehr zum Ziel kritischer Argumentationen. Grundsätzlich deutete sich zudem eine Systematisierung, Differenzierung und Formalisierung der schulischen und betrieblichen Lernprozesse an (vgl. Stratmann 1997). Die Ursachen hierfür sind in einer Ausweitung der Staatstätigkeit absolutistischer Herrscher und ihrer merkantilistischen Wirtschaftspolitik zu suchen. Um sie auf eine solide ökonomische Basis zu stellen, war eine nachdrückliche Förderung von Handel und Handwerk erforderlich. Dafür sollten die technischen und ökonomischen Erkenntnisse der aufkeimenden Wissenschaften nutzbar gemacht werden. Das machte eine engere Bezugnahme des Bildungswesens auf die politischen und ökonomischen Ziele des Staates erforderlich.

Was die Lehrlingsausbildung anbelangte stieß dies allerdings auf erhebliche Beharrungstendenzen im Handwerk (Kell 1983, S. 296). Das Verhältnis zwischen absolutistischem Staat und Handwerk war daher ambivalent: Während dem Handwerk als Bewahrer der ständischen Ordnung einerseits Wohlwollen entgegengebracht wurde, lagen die wirtschaftlichen Interessen eher bei den Manufakturen und Fabriken, die durch Privilegien, Freibriefe oder Subventionen gefördert wurden (Schöfer 1981, S. 17). Langsam büßte das Handwerk nun seine ausschließliche technische Vermittlungsfunktion ein.

Ein Aspekt dabei war der Niedergang des mittelalterlichen Lehnstaates und des parallel dazu stattfindenden Aufschwungs des neuzeitlichen Verwaltungsstaates. Der Adel musste seine Stellung neu ausrichten. Als Funktionselite übernahm er nun Aufgaben bei Hof, in der Verwaltung sowie im Militär. In diesem Zusammenhang spielten nach dem Ende des 30-jährigen Krieges für einige Jahrzehnte die in Deutschland verbreiteten „Ritterakademien“ eine gewisse Rolle. In ihnen sollten die jungen Adeligen eine entsprechende Berufserziehung für die nun standesrechtlich zugewiesenen Aufgaben als Gutsbesitzer, Beamte oder Offiziere erhalten (vgl. Blankertz 1969, S. 16ff.). Die Ritterakademien gehören damit zu den ersten Versuchen, technische Bildung innerhalb eines formalen und institutionellen Rahmens zu vermitteln (Popplow 2006, S. 123).

Die Mehrung von Macht, Reichtum und Ansehen des absolutistischen Staates verlangte eine wirtschaftliche Mobilmachung der Gesellschaft nach innen und wurde nach außen in prestigeträchtigen Großprojekten demonstriert. Die Komplexität des Planungs- und Konstruktionsaufwandes von Festungs- oder Schiffsbau sowie Maschinentechnik überspannte die althergebrachten arbeitsorganisatorischen Gepflogenheiten des Handwerks. Die jeweils eigene Qualität der konstruktiv-planerischen und der ausführenden Arbeit forcierten eine entsprechende Arbeitsteilung und damit auch eine jeweils eigene Ausbildung. Mit der Einrichtung von Offiziersschulen zu Anfang des 18. Jahrhunderts, in denen unter anderem Fähigkeiten zur Landvermessung, zum Festungsbau oder artilleristische Kenntnisse vermittelt wurden, war das Militär – wie in den Jahrhunderten zuvor – einer der Wegbereiter technischer Bildung. Institutionell befördert wurden Mathematik, Naturwissenschaften und zum Teil auch die Technik im Laufe des 18. Jahrhunderts auch in den überall in Europa entstehenden wissenschaftlichen Akademien.

Das seit dem 16. Jahrhundert rasch anwachsende technische Schrifttum unterstützte eine entpersonalisierte, formalisierte und kodifizierte Vermittlung von Inhalten aus Naturwissenschaft

und Technik (Wolffgramm 1994, S. 1ff.). Der Aufschwung der Theorie stand im Gegensatz zu den handwerklichen Gepflogenheiten. Die handwerkliche Tradition, das eigene Schaffen vorrangig vom „qualitativen Vermögen der Sinnesorgane“ und der bewussten Missachtung „analytisch quantitativen Denkens“ abhängig zu machen, wie sie etwa in der Forderung für Schmiede zum Ausdruck kommt, ein Pferd allein nach Betrachtung der Hufe zu beschlagen, musste sich in diesem Zusammenhang als unzulänglich erweisen (Blankertz 1969, S. 19). Der Gegensatz zwischen Handwerk und Ingenieur, zwischen nachahmendem Lernen und wissenschaftlicher Neugier, zwischen überlieferten Ausführungstechniken und naturgesetzlich fundierten Konstruktionen wurde Gegenstand der Reformvorschläge merkantilistischer Staatspädagogen (König 1997, S. 180f.).
In D’Alemberts und Diderots Encyclopédie aus den Jahren 1751-1772 wird der zeitgenössische Dissens deutlich, wenn dem traditionellen Berufskonzept des Handwerkers („*artisan*“) das der „*industrie*“ gegenübergestellt wird. Der Handwerker der Aufklärung – zumindest wird er so in der Encyclopédie dargestellt – nutzt selbstverständlich die mechanischen Möglichkeiten. In diesem Punkt ist das Werk dann wohl auch mehr Zukunftsprogramm als tatsächliche Bestandsaufnahme zeitgenössischer handwerklicher Arbeit (vgl. Dahl 1965). Die Ursachen für die Rückständigkeit des Handwerks an sich und damit auch der handwerklichen Berufserziehung resultierten in der Meinung der Zeitgenossen aus der Unterdrückung der Neugier, dem zwanghaften Festhalten am Althergebrachten, der Herrschaft des Nachahmens und dem Mangel an Erfindungsgeist.
Deswegen aber nun von einer breit angelegten Bildungsbewegung auszugehen, die die Fesseln von Handwerkstradition und Zunftethos zu sprengen in der Lage war, würde den historischen Gegebenheiten widersprechen. Die Schöpfer der Technik wiesen weiterhin eine recht unterschiedliche Provenienz auf, wie A. Stern im Jahr 1903 bemerkte: „*Sobald man sich vergegenwärtigt, daß der größere Teil der Aufgaben der heutigen Technik noch keine hundert Jahre alt ist, daß ihre älteren Aufgaben von Männern des verschiedensten Berufes, der verschiedensten Bildung gelöst wurden, daß bis weit ins achtzehnte Jahrhundert hinein Architekten, Ingenieure und technischen Erfinder, entweder auf Grund militärischer, gelehrter oder künstlerischer Vorbildung oder als reine Autodidakten aus den Bergwerken, dem Schmiede- und Schlosserhandwerk, gelegentlich auch aus ganz fernliegenden Berufskreise erwuchsen, so versteht man, mit welchen Schwierigkeiten eine andrerseits als notwendig erkannte höhere und methodische Ausbildung der Träger und Vertreter technischer Wissenschaften zu kämpfen hatte.“*

Gewerbe- und Wirtschaftsförderung im Zeitalter von Merkantilismus und Aufklärung: Mit dem Begriff Aufklärung wird ein thematisch vielschichtiger, etwa das 18. Jahrhundert umfassender Abschnitt der europäischen Geschichte bezeichnet. Ideell steht die Aufklärung u.a. für die Überwindung autoritärer, religiöser und politischer Anschauungen durch die Kraft der Vernunft. Kritik, Aufklärung, Mündigkeit, Emanzipation, Toleranz und Fortschritt sind zentrale Begriffe der Aufklärung, auf denen bis heute auch das Gros pädagogischer Erziehungsreflexion beruht (vgl. Tenorth 1988, S. 76).
Parallel zur Frage der Entfaltung der Kräfte des Individuums rückt die Aufklärung die gedeihliche Entwicklung von Staat, Wirtschaft und Gemeinwesen in den Vordergrund. Der Erziehung der Untertanen zu Arbeit und Nützlichkeit kommt dabei eine wichtige Bedeutung zu (vgl. Schwerdtfeger 1967, S. 7; Arnold, Gonon & Müller 2016, S. 33f.). Ziele staatlicher Wirtschaftspolitik der Fürsten sind die Handels- und Gewerbeförderung im eigenen Land (Merkantilismus). Dazu braucht es kundige Verwaltungsbeamte. Die Erkenntnis setzte sich durch, dass technischer und wirtschaftlicher Fortschritt in Landwirtschaft, Handwerk, Bergbau oder Verkehr nur unzureichend allein auf der Basis der unmittelbaren Arbeitserfahrung zu erreichen ist. Die Voraussetzung für wirtschaftlichen Erfolg wird nun in einem Bildungswesen gesehen, das unter Zuhilfenahme wissenschaftlicher Erkenntnisse den Interessen der verschiedenen Gewerbe zuarbeiten sollte. Die wirtschaftlichen Interessen des Fürsten korrespondierten außerdem

mit den Absichten des Bürgertums, sich mit Technik und Produktion eigenständige Bereiche der Profilierung zu schaffen (vgl. Sachs 1988, S. 6).
Insgesamt bewirkte das Umfeld ein Klima für Reformvorschläge und führte teils auch zu tatsächlichen Neuerungen im Bildungsbereich. Sie blieben jedoch innerhalb der Möglichkeiten der ständisch ausgerichteten Gesellschaft fixiert und können kaum als Resultat einer systematischen und einheitlichen Bewegung charakterisiert werden.

Entstehung von Kameralwissenschaften und Akademien: Eine Folge der für die Epoche eigentümlichen Entwicklungen war, dass Universitäten nun vermehrt als Staatsdienerschulen betrachtet wurden (Müller 1996, S. 58). An verschiedenen Universitäten kam es zur Einrichtung von Lehrstühlen für Kameralwissenschaften (z.B. 1727 in Halle und Frankfurt an der Oder). Hier wurde neben Verwaltungskunde, Geometrie, Physik, Chemie, Anatomie oder Arzneimittelkunde auch Mechanik und Zivilbaukunst unterrichtet. Im Rahmen des Studiums sollten sich die zukünftigen Staatsbeamten mit Fragen der Ökonomie und des Gewerbes vertraut machen. Das primäre Ziel war allerdings nicht, um dort selbst gestalterisch tätig zu werden, sondern um diese Bereiche dem Staat dienstbar zu machen. Dies setzte unter anderem Wissen über gezielte Fördermaßnahmen und fiskalische Zugriffsmöglichkeiten voraus. Verschiedene Kameralwissenschaftler veröffentlichen im 18. Jahrhundert systematische Werke über Materialien, Arbeits- bzw. Herstellungsprozesse der verschiedenen Handwerksbereiche.[8]
Den Aneignungsprozess technischer Inhalte unterstützen zum Teil anschauliche Zeichnungen, wie sie beispielsweise in der bereits erwähnten, von D'Alembert und Diderot herausgegebenen Encyclopédia zu finden sind. Durch derartiges Schrifttum bekam das personengebundene implizite Wissen des Handwerkers weiter Konkurrenz. Zwischen dem 16. und 18. Jahrhundert wurden in Europa zudem zahlreiche Akademien gegründet, an denen neben den Universitäten ebenfalls Beamte und Militärs in technischen Disziplinen ausgebildet wurden (vgl. König 2004).

Bildung zum nützlichen, sittlichen und tugendhaften Menschen in Schulen*:* Bereits während des 17. Jahrhunderts entwickelten verschiedene Personen Vorschläge für eine beruflich-realistische Bildung, die vor allem auf die mittlere bürgerliche Schicht abzielten. Zu nennen sind etwa Johann Raue (1610-1679), Johann Joachim Becher (1635-1682) oder Veit Ludwig von Seckendorff (1626-1692). Das Schulwesen blieb allerdings zunächst von wirklichen Reformen unberührt (Blankertz 1969, S. 21f.). Im 18. Jahrhunderts wurden die Ideen, die den „nützlichen" Dingen in Erziehung und Unterricht mehr Geltung verschaffen sollten, mit neuem Elan aufgegriffen (vgl. Albrecht 1989, S. 123). Zum curricularen Kern der verschiedenen Reformvorschläge zählten ökonomische, technische, naturwissenschaftliche, mathematische Inhalte und neuere Sprachen. Die Motive und Denkrichtungen der Ansätze unterschieden sich allerdings zum Teil erheblich.
Unterschieden werden kann zwischen Vertretern der pietistischen Pädagogik, der merkantilistischen Staatspädagogik oder der philantropischen Pädagogik. Nicht nur ideell, auch strukturell blieben die verschiedenen Ansätze uneinheitlich. Während ein Teil der Reformvorschläge auf Schulneugründungen zielte, befürworteten andere eine stärkere Integration nützlicher Inhalte in bestehende Schulen. Die Bildung von Spezialklassen für einzelne Berufe wurde genauso

[8] Zu nennen sind hier beispielsweise Georg Heinrich Zincke (Teutsches Real-, Manufactur- und Handwercks-Lexicon, Teil 1, A–F, Leipzig 1745), Johann Heinrich Gottlob von Justi (Vollstaendige Abhandlung von den Manufakturen und Fabriken. Koppenhagen: Rothen, 1758-61) oder Johann Beckmann (Anleitung zur Technologie. Göttingen 1777).
Wie Ropohl (2004, S. 45) ausführt, hat der Philosoph C.H. Wolff das Wort „Technologie" erstmals benutzt. Der Staatswissenschaftler Johann Beckmann hat diesen Begriff dann näher ausgeführt. Nachfolgend seine Definition aus der dritten Auflage seiner „Anleitung zur Technologie" von 1787 (S. 17): „*Technologie ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntniß der Handwerke, lehrt. Anstat daß in den Werkstellen nur gewiesen wird, wie man zur Verfertigung der Waaren, die Vorschriften und Gewohnheiten des Meisters befolgen soll, giebt die Technologie, in systematischer Ordnung, gründliche Anleitung, wie man zu eben diesem Endzwecke, aus wahren Grundsätzen und zuverlässigen Erfahrungen, die Mittel finden, und die bey der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nutzen soll.*"

diskutiert wie eine methodisch planmäßige Verbindung theoretischer Belehrung mit praktischer Übung, entweder in Form von Werkstattbesuchen oder in Form eines Werkstattunterrichts an Schulen (näheres hierzu bei König 1997, S. 181ff. und Blankertz 1969, S. 18ff.).

Anfänge einer „Realbildung“

Eher zaghafte Versuche, den so genannten Realien im Schulbereich mehr Geltung zu verschaffen, waren verschiedene Schultypen, die als Vorläufer der „Realschulen“ betrachtet werden können. Eine der ersten Institutionen ist die von Christoph Semler 1708 in Halle gegründete „mathematische und mechanische Real-Schule“. Motiviert sah sich Semler durch die Überbewertung der akademischen Berufe gegenüber den handwerklichen Tätigkeiten. Eine qualifizierte und gründliche Ausbildung zum Handwerksberuf erschien ihm als angemessene Alternative. Die Beschäftigung mit der Mathematik und den „mechanischen Künsten“ sollte hierfür die notwendige Basis liefern (Albrecht 1989, S. 131f.).

Mit Johann Julius Hecker (1706-1768), fand sich ein Reformer, der 1747 in Berlin eine einjährige „ökonomisch-mathematische Realschule“ eröffnete. Den Jugendlichen sollte dort eine vorberufliche Ausbildung in verschiedenen Fachklassen ermöglicht werden (Mechanikklasse, Naturalienklasse, Manufaktur- und Handelsklasse, ökonomische und Kuriositätenklasse). Die Schule umfasste damit ein breites Unterrichtsspektrum und ging über die eher auf das Handwerk zielende Bildungsintention Semlers hinaus.

Wie unentschieden allerdings das bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts dauernde Ringen um die inhaltliche und organisatorische Ausrichtung der verschiedenen Schulgründungen und –ideen im Kontext der „Realbildung“ war, zeigen die vielen Begrifflichkeiten. So finden sich Bezeichnungen wie Real-, höhere Bürger-, Haupt-, hohe Volksschule oder Realgymnasium sowie Handelsschule und Gewerbeschule (Knabe 1908 b, S. 268). Besonders die in Funktion und Gefüge vielfältig ausgeprägten Gewerbeschulen müssen in enger Verbindung zur Geschichte der „Realschulen“ gesehen werden. Einigkeit bestand bei allen Schultypen nur in einem Ziel. Sie sollten unter Einschluss einer gehobenen Bildung und Berücksichtigung beruflicher (Vor-)Bildung eine Alternative zu einem Universitätsstudium bieten und der bürgerlichen Mitte Zugänge zu höheren bürgerlichen Berufen oder niederen Staatsämtern eröffnen (vgl. Tenorth 1988, S. 92f.).

Erziehungsanstalten der Philanthropen

Wie können Kinder zu religiös aufgeklärten, sittlichen aber auch wirtschaftlich vernünftigen Menschen erzogen werden und wie kann dabei eine der Entwicklung des Kindes angemessene Auswahl von Unterrichtsinhalten und -methoden erfolgen? Das sind Fragen, mit denen sich die von Rousseau beeinflusste philanthropische Pädagogik zwischen 1750 und 1800 beschäftigte (Gudjons 1999, S. 88).

Mit Philanthropismus wird eine Einstellung bezeichnet, die auf die Machbarkeit des Glücks sowie die allgemeine Menschenliebe setzt. Für die Protagonisten wie Johann Bernhard Basedow (1724-1790), Joachim Heinrich Campe (1746-1818) oder Christian Gotthilf Salzmann (1744-1811) lag eine Antwort auf die oben aufgeworfenen Fragen darin, den „Realien“ neben den klassischen Fächern einen angemessenen Platz im Unterricht der Schulen einzuräumen (vgl. Wilkening 1970, S. 18ff.). Mensch- und Bürgerbildung sollten durch einen Unterricht erreicht werden, der moderne Sprachen, Leibesübungen, Sexualerziehung und Werken integrierte. Ziel war es in erster Linie, die Vorbereitung auf ein Universitätsstudium aufklärerisch zu reformieren, deshalb wurde auch an der Stellung des Lateins nicht gerüttelt (Albrecht 1989, S. 136f.). Manche „Handarbeiten“ bzw. „Geschicklichkeiten“, wie etwa das Malen, Drechseln oder Härten von Eisen sollten jedoch auch Kindern höheren Standes nicht vorenthalten werden, weil sie als nützlich und gesundheitsförderlich betrachtet wurden (Campe 1787, S. 584).

Wenngleich – wie Gudjons (1999, S. 89) feststellt – methodisch wohl auch hier die Belehrung dominierte, sind einzelne Ansätze in Bezug auf intentionale und methodische Belange technischer Bildung auch heute noch interessant. So betont etwa Johann Heinrich Gottlieb Heusinger

(1766-1837) in seiner kleinen Schrift „*Über die Benutzung des bei Kindern so thätigen Triebes beschäftigt zu seyn*“ von 1799 die Bedeutung solcher Erkenntnisse für Naturlehre und Technologie, die auf Selbsttätigkeit gründen. Heusinger erweist sich damit als theoretischer Wegbereiter sowohl des Arbeitsschulgedankens, der Handlungsorientierung und besonders auch der Werkdidaktik. Für die inhaltliche und methodische Ausgestaltung werkdidaktischen Unterrichts hat zudem Bernhard Heinrich Blasche (1766-1832) wichtige Impulse geliefert. Im Mittelpunkt seines in seinem Hauptwerk „Werkstätte der Kinder“ (1800-1802) beschriebenen Ansatzes steht die Erstellung von Modellwerkstätten. Wilkening (1970, S. 34) charakterisiert die Aufgabenstellungen, die Themenwahl und die vorgesehenen fertigungstechnischen Lehrgänge als umfassende technologische Elementarbildung.

Industrieschulen

Die Schulgründungen der Philanthropen zielten auf die Kinder der bürgerlichen Eliten und blieben eher singuläre Erscheinungen. Eine größere Verbreitung fand jedoch eine andere Schulform, bei der praktische Arbeit ebenfalls konzeptionell integriert wurde. Die Zielgruppe dieser Schulen waren jedoch vorrangig die Kinder aus ärmeren Verhältnissen (vgl. Tenorth 1988, S. 87f.). Programmatisch ausgerichtet waren diese „Industrieschulen“ – wie bei Philipp Sextroh (1785) anschaulich beschrieben – auf eine Erziehung zur Wendigkeit, Findigkeit, Zeit- und Kraftökonomik sowie Gemeinsinn. Alles Eigenschaften, die im Sprachgebrauch des 18. Jahrhunderts mit „Industrie“ umschrieben wurden.

Zwei Aspekte sind für diese Schulart charakteristisch: Zum einen die Bildung von Kindern aus den unteren Schichten des Volkes im Rahmen der traditionellen Fächer wie Lesen, Schreiben, Rechnen und Religion. Zum anderen die Unterhaltssicherung, die durch den Verkauf der hergestellten Waren oder durch die Entlohnung für einfache handwerkliche Arbeiten sichergestellt werden sollte (Kupser 1986, S. 25). Die Arbeitsbereiche lagen entsprechend der regionalen Wirtschaftsstruktur beispielsweise im Garten- und Obstbau oder im textilen Bereich. Begrifflich und inhaltlich haben diese Schulen daher nichts mit unserem Verständnis von Industrie zu tun, aber sehr wohl etwas mit den Manufakturen, die in dieser Zeit vermehrt gegründet wurden. Nicht der zukünftige Fabrikarbeiter besucht diese Schulen, sondern der Nachwuchs für die regionale Textil- und Verlagsindustrie, die Manufakturen und die Agrarbetriebe.

Zeitlich lässt sich die Industrieschulbewegung ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bis etwa um die Mitte des 19. Jahrhunderts fixieren. Später gehen sie dann teils in die „Fabrikschulen“, teils in das sich ausbreitende kommunale Elementarschulwesen über (Rang 1983, S. 451f.; Albrecht 1989, S. 124f.). Man kann die Industrieschule als arbeitsorientierte Pionierinstitution späterer Entwicklungen deswegen bezeichnen, da mit ihr zum ersten Mal die Absicht institutionalisiert wurde, schulisches Lernen und produktive Arbeit relativ systematisch zu verknüpfen oder beides zumindest in einen rhythmisierenden Wechsel zu bringen.

Einer der bekanntesten Vertreter des Industrieschulgedankens war Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827). Die Versuche, das von ihm favorisierte Bildungsprogramm im Rahmen von Schulen für arme Kinder zu realisieren, waren zwar wenig erfolgreich, seine Ideen entfalteten dagegen schon zu Lebzeiten eine nachhaltige Wirkung. Das Ideal Pestalozzis war das der allgemeinen Menschenbildung: Körper und Geist sollten sich von innen heraus entwickeln und zur individuellen Vervollkommnung führen. Hier ging er über die philanthropischen, vorwiegend der gesellschaftlichen Brauchbarkeit verpflichteten Ansätze hinaus. Intendiert war eine gleichzeitige Entwicklung der geistigen, sittlichen und physischen Grundkräfte – mit anderen Worten, eine Bildung des Kopfes, des Herzens und der Hand. Von Armenanstalten mit rein karitativem Charakter hielt er nichts, vielmehr sollten die Armen auf die spätere Lebenswirklichkeit vorbereitet werden (Kupser 1986, S. 27). Neben Lesen, Schreiben und Rechnen sollten die Kinder in Pestalozzis Schule daher eine an der Haushaltskunst orientierte Berufsausbildung erhalten. Dabei hat die Arbeit eine wichtige Bildungsfunktion: Die Schüler sollten die Lehre aus ihrer Arbeit heraus gewinnen und nicht zuerst „*die leere Lehre des Kopfs der Arbeit seiner Hände vorgehen*

lassen" (Pestalozzi 1782). Pestalozzi brachte die Entwicklung der Elementarkräfte des Menschen mit den im Beruf erforderlichen Anwendungsfertigkeiten in Zusammenhang, zielte dabei allerdings vorwiegend auf die Ausbildung der Körperkräfte. In diesem Punkt kam er nach Ansicht von Wilkening (1970, S. 43) nicht über die Position der philanthropischen Industriepädagogen hinaus. Auch rüttelte er nicht an der ständischen Bildung.
Insgesamt gesehen blieben die Industrieschulgründungen regional begrenzt und waren mehr vom Engagement einzelner Personen wie Ludwig Gerhard Wagemann (1746–1804), Johann Heinrich Pestalozzi oder Ferdinand Kindermann (1740-1801), als von einer breit angelegten staatlich initiierten Reform getragen. Die unsichere Finanzierungslage vieler Schulen brachte es mit sich, dass die ursprünglich aus pädagogischen Gründen geschaffenen Verdienstmöglichkeiten mehr und mehr zum Mittel wurden, diese Anstalten zu finanzieren und wirtschaftlich auf eigene Füße zu stellen. Dieser Typus von Industrieschule degenerierte damit zur bloßen Filiale der Tuchfabriken und Spinnereien (Albrecht 1989, S. 126).
Die Bewertung der Industrieschulen fällt somit recht zwiespältig aus. Blankertz (1969, S. 49) bilanziert die Berücksichtigung von Arbeitstugenden und gewerblicher Tätigkeit auf der Habenseite. Auf der anderen Seite steht die letztlich vorherrschende Ausprägung als Armenschule. Sie stellt für ihn geradezu eine Pervertierung der Idee der Lebensvorbereitung dar und die Ausbeutung von Kindern ein Grund für die neuhumanistische Kritik an dieser Art von Schule.

Didaktik und Methoden technischer Bildung im 18. Jahrhundert: Die Konzepte der Philanthropen sowie der Real- und Industrieschulvertreter stellten eine gewisse Neuerung dar. Besonders die konzeptionelle Verbindung zwischen Theorie und Praxis und die damit verbundene Absicht, Geist und Motorik gleichermaßen zu entwickeln, sind aus pädagogischer Sicht zu nennen. Die verbreitete Zuordnung, nämlich technisch orientierte Fächer der Hand, wissenschaftliche Fächer dem Kopf und den Religionsunterricht dem Herzen zuzurechnen, wurde konzeptionell schlüssig allerdings eher an den für die Kinder des Bürgertums vorgesehenen Schulen aufgehoben. Das hing auch damit zusammen, dass die für eine umfassendere technische Bildung erforderlichen Werkzeuge und Werkstätten nur unter ökonomisch günstigen Bedingungen beschafft werden konnten (Sachs 1988, S. 7).
Unter methodischen Gesichtspunkten ist der Werkunterricht an philanthropischen Erziehungsanstalten von Interesse. Erwähnt sei hier die Einrichtung von Christian Gotthilf Salzmann in Schnepfenthal (1744-1811). An ihr wirkte der bereits erwähnte Bernhard Heinrich Blasche. Er legte einen großen Wert auf die zielgerichtete Auswahl und Stufung von Werkaufgaben. Wilkening (1970, S. 37) beschreibt sie folgendermaßen: *„Die Themen werden zunächst dem nahen Lebensbereich des Hauses, darauf der Werkstatt und schließlich der Fabrik entnommen. Die Methoden der Unterrichtsführung sind ganz darauf abgestellt, das natürliche Interesse des Kindes für den Fortgang der Arbeiten zu nutzen. Das Kind soll selbst suchen und finden und auf diesem Wege seine Erfindungskräfte entwickeln. Als neue Sozialform des Unterrichts wird die Gemeinschaftsarbeit und die kooperative Arbeit bei arbeitsteiligen Werkverfahren eingeführt."*
An den Industrieschulen dominierte neben den elementaren Fächern eher die Vermittlung mechanischer Fertigkeiten, die für die regionale Güterproduktion von Bedeutung waren. Methodisch war das Arbeitslernen geprägt durch Einzelunterweisungen mit Vor- und Nachmachen. Nur vereinzelt wurde anscheinend der Versuch unternommen, über die mechanische Tätigkeit hinaus auch die technologischen und ökonomischen Grundlagen der Produktion zu thematisieren (Wilkening 1970, S. 17).
Für die Vermittlung von ökonomischen oder technischen Inhalten im Rahmen der Kameralwissenschaften wurde – wie an der Universität üblich – auf Vorlesungen gesetzt. Das dort vermittelte technologische Wissen besaß zunächst noch den Charakter einer deskriptiven Gewerbelehre[9] und war von den späteren mathematisch-physikalisch orientierten Technikwissenschaften noch weit entfernt (vgl. König 2004, S. 190). An den Bergbau- oder Militärakademien fiel

[9] vgl. dazu beispielsweise: Sigismund Friedrich Hermbstaedt: Grundriß der Technologie; oder Anleitung zur rationellen Kenntniß und Beur-

der Unterricht durchaus praktischer aus. Überall dort, wo die Aneignung theoretischen Wissens allein nicht ausreichte, um die technischen Aufgaben im beruflichen Bereich, etwa im Bau-, Bergwerks- oder Maschinenwesen zu lösen, sah man sich mit der Aufgabe konfrontiert, Alternativen zur handwerklichen Form der Ausbildung zu finden. Eine Möglichkeit die komplexe Technik zu veranschaulichen, zu erproben oder mit ihr zu experimentieren bot der Einsatz von Modellen (Popplow 2006, S. 121f.).
Zumindest in Architektur- und Zeichenschulen wurde nicht nur mit vorgefertigten Modellen gearbeitet, sondern die Schüler selbst fertigten Gipsmodelle an. Sie bildeten die Arbeitsgrundlage für eine der wichtigsten Methoden bei der Aneignung technischen Wissens, der zeichnerischen Darstellung. Obgleich Hinweise über die Wichtigkeit zeichnerischer Planungsgrundlagen bereits in schriftlichen Zeugnissen der Antike (z.B. bei Vitruv) aufscheinen und Grund- und Aufrisse auch in den Domhütten des Mittelalters verwendet wurden, brachte erst die Renaissance eine theoretische Systematisierung der geometrisch-konstruktiven Grundlagen von Zweitafelbildern und nach ihrer Wiederentdeckung auch der Zentralperspektive (vgl. Kühne 2009). Der Militäringenieur Gaspard Monge hat dann zum Ende des 18. Jahrhunderts die technische Zeichnung von ihren pathetischen Relikten bereinigt (Fehrenbach 2006, S. 109) und die einzelnen zeichnerischen Verfahren zu einer systematischen Theorie der Orthogonalprojektion weiterentwickelt. Verbreitung fand die damit begründete Darstellende Geometrie allerdings erst nach 1797, denn Monges Vorlesungen wurden wegen ihrer militärischen Bedeutung als Staatsgeheimnis behandelt (Wußing 1987, S. 303).

Humanistische versus realistische Bildung: Zu Beginn des 19. Jahrhunderts traten mit der Dampfmaschine, neuen Fertigungsverfahren oder der maschinellen Weberei jene Kräfte bereits hervor, die wenig später den bis heute ungebrochenen wirtschaftlich-technisch-industriellen Wachstumsrhythmus auch in Deutschland in Gang setzten. Mit der Abschaffung der Leibeigenschaft bzw. der Einführung der Gewerbefreiheit wurden wichtige gesellschaftliche und ökonomische Voraussetzungen für die industrielle Entwicklung geschaffen. Und seit der Aufklärung wurde die Aufnahme moderner Sprachen, wirtschaftlicher und technischer Sachverhalte in den Unterricht der Schulen zumindest diskutiert. Trotz dieses Umfeldes mussten die Befürworter einer „Real-Bildung“, die sowohl der gelehrten Bildung als auch den Volks- oder Elementarschulen eine Alternative beistellen wollten, einen deutlichen Rückschlag hinnehmen.
Mit dem preußischen Bildungsreformer Wilhelm von Humboldt (1767-1835) an der Spitze, wurde ein Gegenentwurf präsentiert, der gemeinhin zwar als „neuhumanistisch“ bezeichnet wird, für Günter Ropohl (2004, S. 20f.) jedoch humanistische, klassizistische und idealistische Züge trägt: Humanistisch können die Ideen seiner Meinung nach deswegen bezeichnet werden, weil sie auf eine umfassende Entfaltung der menschlichen Anlagen abzielten. Klassizistisch, weil die Bildungsvorstellungen Anleihen bei den Ideen der griechischen und römischen Antike nahmen und idealistisch, weil dieser Bildungsansatz eine Priorisierung des Geistes gegenüber der Welt vornahm.
Aufklärung wie Neuhumanismus waren sich zwar einig in Bezug auf die Kritik an der alten Lateinschule und in dem Glauben an der freien Betätigung geistiger Kräfte, die Reformansätze waren indes verschieden. Die schulpolitische Tendenz der Aufklärung, zwischen Bildung und Ausbildung bzw. Beruf nicht a priori zu trennen, vielmehr das Postulat der Nützlichkeit auf Individuum und Gesellschaft zu beziehen, fand im Neuhumanismus eine diametrale Gegenposition. Deren Vertreter kritisierten die „realistische“ Richtung mit der ihrer Meinung nach überschätzten Bedeutung des Sachwissens, der Ausrichtung auf ‚Amt‘ und ‚Beruf‘ sowie der Ver-

theilung derjenigen Künste, Fabriken, Manufakturen und Handwerke, welche mit der Kameral- und Policeywissenschaft, so wie der Landwirtschaft in nächster Verbindung stehen. Zum Gebrauche akademischer Vorlesungen und zur Selbstbelehrung für angehende Staatsdiener, Kameral- und Policeybeamte, desgleichen für Landwirthe, Kaufleute Fabrikanten, Manufakturisten und Handwerker, Bd. 2, 2.A., Berlin 1830, S. 248-261.

nachlässigung der Welt des Geistigen. Durch die sollte der Jugendliche aber zuerst hindurchgehen, bevor Beruf und Erwerb ihn einschränkten (Schnabel 1929, S. 420). Zudem hatten Neuhumanisten wohl die Unzulänglichkeiten der Industrieschulen vor Augen, wenn sie besonders für die höhere Bildung die klare Schlussfolgerung zogen, dass Arbeits- und Bildungswelt nicht vereinigt werden könnten (Wessels 1969, S. 18).

Die Bildungswelt sollte sich auf das „Innere“ fokussieren, anstatt sich im „Äußeren“ zu verlieren (vgl. Litt 1961, S. 58). Für die Ausgestaltung einer solchen Schule des Geistigen kam es daher auf die eigentlichen Wesenheiten des Menschen an, etwa auf die Erfassung der Sprache als Zentrum des Menschseins und auf eine Erhebung der Bildung als Voraussetzung und Ziel einer menschenwürdigen Welt (Blankertz 1969, S. 45). Erst auf der Basis einer allgemeinen Bildung, die vorrangig in der Auseinandersetzung mit der Welt der griechischen Antike oder des eigenen Volkstums bestehen und in kritischer Distanz zu realen Aspekten wie Beruf, Ökonomie, Technik, Gesellschaft und Staat verbleiben sollte, war eine berufliche Bildung denkbar. Entlang dieser Argumentationskette wollte man weder der „Realschule“ noch ähnlichen Institutionen einen Platz einräumen, drohten sie doch allgemeines und berufliches zu vermengen. Gegen die bereits bestehenden Fachschulen fiel die Kritik jedoch weit weniger scharf aus. Sie wurden durchaus als notwendig erachtet, aber eben nicht als Teil der Menschenbildung begriffen.

Wilhelm von Humboldt und mit ihm andere Neuhumanisten sahen in einem einheitlichen, nicht auf Realien oder gewerblichen Interessen ausgelegten staatlichen Schulsystem wohl auch die beste Möglichkeit, eine durch Schule verursachte Reproduzierung der ständischen Gesellschaftsverhältnisse zu vermeiden. Die vorschnelle Festlegung auf Berufe oder Spezialwissen schien ihnen als Teil einer sozialen Fixierung, die jeden auf einen unverrückbaren Platz in der Gesellschaft verwies und so bürgerliche Freiheiten verwehrt. Der Instrumentalisierung der Schule im Hinblick auf ökonomische Nützlichkeitsüberlegungen, wie sie beispielsweise mit der Forderung nach Gewerbeförderung allenthalben anzutreffen war, wurde auf alle Fälle eine klare Absage erteilt. Die Allgemeinbildung – so ein weiteres Argument – sei der Spezialbildung auch deshalb vorzuziehen, da dieser oftmals die eigentlich erforderliche Tiefe abgehe (vgl. Blankertz 1969, S. 45ff.; Schütte & Gonon 2004, S. 996; Raithel, Dollinger & Hörmann 2009, S. 119f.).

Für Humboldt selbst gab es nur drei Stadien des Unterrichts: Den Elementarunterricht, den Schulunterricht und den Universitätsunterricht. Während der erste den Lernenden schulfähig machen solle, sollte der Schulunterricht dem „Lernen des Lernens“ dienen, um damit auf die letzte Stufe des Unterrichts vorzubereiten, der autonomen Teilhabe an der Wissenschaft (vgl. Tenorth 1988, S. 125).

Zwischen dem Anspruch der Reformer und der Bildungswirklichkeit konnte zwar letztlich nur teilweise ein Ausgleich hergestellt werden, die bis dahin facettenreichen Schulstrukturen gerieten jedoch in Preußen in den Sog der modernisierten Staatsverwaltung und ihres „strukturordnenden Zugriffs“. Dabei kam es zu Einseitigkeiten in der Lehrplanentwicklung (Büsch 1972, S. 700). Mit zwei Erlassen wurde 1810 und 1812 das Gymnasium konstituiert. Hauptfächer wurden Griechisch, Lateinisch, Deutsch und Mathematik. Nebenfächer – von Fächern im heutigen Sinne kann man dabei nicht sprechen – waren Geschichte, Physik und Religion. Die Naturwissenschaften waren in dem neuen humanistischen Gymnasium nur ganz am Rande vertreten und wurden von den Lehrern zum Teil auch nur beiläufig mitgeführt (Brüggemann 1967, S. 38f.). Sowohl der theoretische als auch praktische Zugang zur Technik wurde damit mehr als eingeschränkt. Geduldete Formen motorischen Lernens waren Leibesübungen in „Verbindung mit einfachen Industrieübungen“ (vgl. Hinz 1991, S. 282). Die Werktätigkeit – so sie überhaupt in Schule und Unterricht integriert war – stand damit allein im Dienst einer formalen Persönlichkeitsbildung oder geriet zum bloßen methodischen Instrument der Vermittlung oder Veranschaulichung von Unterrichtsinhalten (Wilkening 1970, S. 57).

Offensichtlich ist, dass der sich zu dieser Zeit bereits herauskristallisierende Typus des Industrie-, Facharbeiters oder auch kaufmännischen Angestellten nicht mit dem Gewicht in den schulpolitischen Reformüberlegungen fand, wie es angesichts der technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen heute als sinnvoll erachtet werden würde. Unter Berücksichtigung der strukturellen Verteilung der Bevölkerung – 80 % der Bevölkerung lebten auf dem Land – relativiert sich diese Einschätzung freilich etwas. Sachs (1988, S. 7) weist ferner darauf hin, dass nicht ausschließlich die Bildungskonzeption des Neuhumanismus oder die mit technischer Bildung verbundenen hohen Kosten eine Ausweitung der Bildungsinhalte in Richtung Technik oder Ökonomie behinderten, sondern die schulische Entwicklung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als Ganzes zurückgeworfen wurde. Den Grund sieht er im politischen Scheitern bürgerlich-liberaler Ansätze der Bewegungen von 1817 und 1848. In der politischen Ausgrenzung liegt auch für Franz-Michael Konrad (2010, S. 44) der Grund dafür, dass sich das deutsche Bildungsbürgertum bewusst von den „verstörenden Erfahrungen der Moderne“ abwendet und Bildung als Prozess menschlicher Selbstvervollkommnung abseits der Ödnis des alltäglichen Lebens begreift. „*Politik, Ökonomie und Technik werden aus dem Kulturverständnis der Gebildeten (der bloßen Zivilisation zugehörig) als unwesentlich ausgeblendet. Auch das Verständnis von Allgemeinbildung veränderte sich bis zur Verkehrung ursprünglicher Intentionen. Allgemeinbildung sicherte nicht mehr die allgemeine Verständigung, sondern diente zur Abgrenzung, sie wurde zum Ausweis exklusiver höherer Bildung und zur Voraussetzung für höhere gesellschaftliche Karrieren“* (Sachs 1988, S. 7f.). Eine Folge daraus war, dass sich die „offizielle“ Pädagogik für fast ein Jahrhundert aus der Diskussion um die Berufsausbildung verabschiedete (Blankertz 1969, S. 39).

Natürlich regte sich Widerstand gegen eine einseitige Ausrichtung auf alte Sprachen und formale Bildung, besonders da die Erfahrungen mit den neuen Schulformen nun zu Beginn des 19. Jahrhunderts eigentlich an dem Punkt angelangt waren, von wo aus sie zu breiten Strukturreformen hätten führen können. Hatten bereits die Aufklärungspädagogen die Kritik an der gesellschaftlichen „Indienststellung“ des Menschen durch den Verweis zu entkräften versucht, dass eine nützliche Beteiligung am gesellschaftlichen Fortschritt auch Quelle persönlichen Glücks sein konnte, so kam Rückenwind vor allem aus dem ökonomischen Lager. Besonders vor dem Hintergrund der ökonomischen Entwicklung Englands wurden immer wieder Maßnahmen staatlicher Gewerbeförderung eingefordert um, wie es Friedrich List (1844) ausdrückte, die „industrielle Erziehung“ der Nation voranzutreiben. Neben der direkten Gewerbeförderung und dem Patentwesen zählte hierzu auch die Bildungspolitik. Auf diesem Felde blieb jedoch der Konflikt zwischen humanistischen und realistischen Bildungsinteressen bis zum Ende des Jahrhunderts ein Grundmotiv schulpolitischer Reformbemühungen.

Ropohl (2004, S. 22) bemerkt allerdings, dass der industrielle und wirtschaftliche Aufschwung in Deutschland nicht möglich gewesen wäre, wenn das humanistische Bildungsideal sich auf breiter Front hätte durchsetzen können. Zumindest im Bürgertum blieb es jedoch nachhaltig verankert. Obschon gegen Ende des Jahrhunderts das Realgymnasium und die Oberrealschule die gleichen Berechtigungen erhielten wie das Gymnasium, blieb letzteres weiterhin die bevorzugte Schulform für die Söhne des Bürgertums. Die einstmals vom Bürgertum in eigener Sache geforderte Hinwendung des Bildungssystems zu den Realien wurde nun eher ein Anliegen jener Gesellschaftsschichten, die jenseits der Feudalstrukturen und des ökonomisch erfolgreichen Bürgertums das Heer der Handwerker und Industriearbeiter stellten.

2.3 Institutionalisierung und Konturierung technischer Bildung im Zeitalter der Entstehung der Technikwissenschaften

Dem über einen langen Zeitraum effektiven, auf Erfahrung beruhenden handwerklichen Know-how erwuchs seit dem Beginn der Neuzeit zunehmend Konkurrenz. Neben die Verfeinerung des bereits Bewährten (*ex post*) trat das vorausschauende, theoretisierende und analytische Planen der Ingenieure (*ex ante*). Trotz gegenseitiger, aus Selbstschutz oder Profilierungsstreben resultierenden Abgrenzungsbemühungen existierten natürlich Querverbindungen – allein schon aufgrund der handwerklichen Provenienz des neuen Technikertypus. Das Handwerk lieferte zudem Messinstrumente und Werkzeuge, die die Voraussetzungen für die Entwicklung des naturwissenschaftlich-technologischen Wissens schufen. Angesichts der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen des Maschinenzeitalters konnten Ausbildungsgepflogenheiten und Organisation des Handwerks allerdings mit dem Erfindungsreichtum und der Lösungsbreite der Techniker nicht mehr schritthalten. Mathematik und Naturwissenschaften schufen eine neue Wissensgrundlage für das technische Bewirken und führten zu eigenständigen Technikwissenschaften.
Naturwissenschaft und Technik trafen zudem auch außerhalb eines engen Kreises an Spezialisten auf Interesse. Bereits die Gedankenwelt der Aufklärung unterstützte ein Klima, in dem die Förderung von Ökonomie und Technik als gesellschaftliche, ja als „patriotische“ Aufgabe begriffen wurde. Ausdruck dieser Entwicklung waren zum Beispiel, die sich in vielen Städten Deutschlands im ausgehenden 18. und frühen 19. Jahrhundert konstituierenden polytechnischen Vereine, die sich der heimischen Gewerbeförderung verschrieben hatten und dies durch die Gründung von Schulen, der Herausgabe von Zeitungen oder der Durchführung von Ausstellungen und Preisausschreiben unterstützen wollten (Priesner 1989). Insgesamt führte die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung dazu, dass der institutionelle Qualifikationsaufbau im Bereich von Handwerk und Technik nun eine neue Dynamik erfuhr, der mit einigen Umwegen und Abzweigungen auch das öffentliche Schulwesen erreichte.

Der neue Bedarf an technischen Fachkräften: Die bis zum Beginn des Maschinenzeitalters eindrucksvollen technischen Kulturleistungen waren in erster Linie das Resultat handwerklichen Geschicks und der in immer neuen Anläufen überprüften Erfahrung. Die maschinelle Produktion benötigte jedoch eine andere Wissensbasis. Der Siegeszug der thermischen Kraftmaschinen führte zu einer Ausdehnung der Produktion. Dies erforderte eine Vervollkommnung der Technik sowohl in Richtung spezieller Technologien, als auch bei den organisatorischen Grundlagen. Mit Ausgang des 18. bzw. dem Beginn des 19. Jahrhunderts kam es zu den ersten Anläufen, an Maschinen mit Hilfe von Mathematik und Physik Zusammenhänge zu deuten und zu beschreiben (Jobst 1995, S. 61). Die Technik ging ein seitdem nicht mehr aufgelöstes Bündnis mit der Mathematik und den Naturwissenschaften ein.[10] Zur Erfahrung gesellte sich die Theorie, zur Theorie die Abstraktion, sie wiederum bildet das Fundament weiterer Entwicklungen. Neben die technischen traten nun die technikwissenschaftlichen Kenntnisse (Iwanow & Tscheschew 1982, S. 145). Komplexität und Umfang der technischen Aufgaben erforderten eine Berücksichtigung des stetig anwachsenden formalisierten Wissens (vgl. Popplow 2006, S. 104).
Die bereits in der Zeit des Merkantilismus mit Nachdruck erhobenen Forderungen nach Anhebung des Qualifikationsniveaus im Handwerk sowie nach einem generellen Ausbau der Bildungsstrukturen erhielten nun neue Nahrung. Eine Ursache lag in den Problemen der Fachkräftegewinnung beim Übergang von der handwerklichen zur industriellen Produktion. Das Gros der Bevölkerung entstammte ja traditionell agrarisch und handwerklich orientierten Gesellschaftsschichten. Nach der Auflösung der Abhängigkeitsverhältnisse auf dem Land im Zuge der so genannten Bauernbefreiung zu Beginn des 19. Jahrhunderts suchten viele Menschen neue

[10] Zur Rolle der Mathematik in der Technik s. auch Petsche (2006).

Beschäftigungsmöglichkeiten. Für die einfachen Anlerntätigkeiten in den Manufakturen und Fabriken standen demnach ausreichend ungelernte Arbeiter zur Verfügung. Für Facharbeitertätigkeiten wiederum konnte auf das Arbeitskräftereservoir des Handwerks zurückgegriffen werden. Das war allerdings nicht für alle produktionsnahen Aufgaben in Manufaktur und Industrie gleichermaßen gut geeignet. Daher muss davon ausgegangen werden, dass es auch außerhalb des Handwerks Formen technischer Berufsausbildung gab, beispielsweise in den Porzellan- oder Textilmanufakturen. Verschiedentlich war der Unterschied zwischen handwerklicher Ausbildung und industriellen Tätigkeiten jedoch so deutlich, dass einige Betriebe im metallverarbeitenden Bereich dazu übergingen, eigene Lehrwerkstätten zu gründen (Schöfer 1981, S. 32).

Drängender wurde besonders der Mangel an höherqualifiziertem technischen Personal. Waren es bisher ja vor allem staatliche Aufgaben, etwa für die Planung, Beaufsichtigung oder Instandhaltung von Bauvorhaben, für die entsprechendes Personal benötigt wurde, so machte sich nun mehr und mehr der Personalbedarf der heranreifenden privaten Maschinenindustrie bemerkbar (Schnabel 1934, S. 306). Besonders die an Umfang und Komplexität zunehmende Organisation der Arbeit in den sich rasch entwickelnden Industriebetrieben erhöhte die Nachfrage nach Werkmeistern und Ingenieuren. „*In der Fabrik schlichen sich Hierarchien ein, die immer differenzierter wurden, so daß Unternehmer und Arbeiter sich mit der Zeit ihrer herausragenden Funktion für den Arbeitsprozeß beraubt sahen. Für die Neuankömmlinge mußten betriebliche Arbeitsplätze geschaffen, Machtbefugnisse und Kenntnisse neu verteilt, Ausbildungsstätten erdacht und Entlohnungsformen gefunden werden. Die rapide, voraneilende, sich in wenigen Jahrzehnten diversifizierende Technik, zumal die Ausbreitung der großen Maschinerie, zwang die Fabriken, sich neu zu organisieren*“ (Schweitzer 2004, S. 68).

2.3.1 Polarisierung von allgemeiner und beruflich-technischer Bildung

Zwischen Differenzierung und Profilierung – gewerbliche Schulen und technisches Hochschulwesen: Industrielle Herstellungsweisen und kontinuierliche Erhöhung der Produktivität in den Manufakturen führten zu einer steigenden Nachfrage nach technischen Fachkräften. Als Konsequenz daraus setzte in Mitteleuropa ein Prozess der Ausbildungsdifferenzierung ein, der ab der Mitte des 18. und über das gesamte 19. Jahrhundert zum Aufbau von technischen bzw. gewerbebezogenen Schulstrukturen führte. Während das höhere technische Personal bis weit ins 19. Jahrhundert hauptsächlich aus der Praxis rekrutiert wurde, führte der steigende Bedarf an Fachleuten besonders ab der zweiten Jahrhunderthälfte zu einer Modernisierung (technischer) Lehranstalten sowie zur Gründung neuer Ausbildungsstätten (vgl. Schütte 2004, S. 999; König 2006a, S. 202ff.).

Nach und nach und wie es scheint, mehr nebeneinander als aufeinander abgestimmt, wurden niedere (z.B. gewerbliche Fortbildungsschulen), mittlere (z.B. Gewerbeschulen, Fachschulen) und höhere Schulen (z.B. höhere Gewerbeschulen, Akademien, Polytechnische Schulen und technische Hochschulen) gegründet.[11] Quer über die einzelnen deutschen Staaten und selbst darin stellten sich die Bildungsstrukturen als wenig einheitlich dar. Erst im Zuge der Festlegung der von den einzelnen Institutionen zu vergebenden Berechtigungen trat eine gewisse Vereinheitlichung ein. Aus den vielen, teils lokalen Schulinitiativen und Reformprojekten entwickelte sich ein Schulsystem (Schütte 2004, S. 1002; Büsch 1992, S. 696).

Der Fokus bei den zur Aufnahme von Lehrlingen oder Gesellen eingerichteten Fortbildungsschulen oder mittleren Gewerbeschulen lag dabei anfangs hauptsächlich auf der Allgemeinbildung. Von diesen Schulen wurden positive Effekte sowohl für das individuelle berufliche Wirken als auch für die gewerblichen Belange erwartet. Inhaltlich sollte dies jedoch vorrangig

[11] vgl. dazu auch die Einteilung der beruflich-technischen Bildungsanstalten bei Albrecht (1989, S. 150).

durch eine Fortführung der in der Volksschule erlernten Kenntnisse und Fähigkeiten sichergestellt werden. Dass sich die inhaltliche Orientierung dabei in Richtung beruflicher und gewerblicher Anwendung verschob, änderte an der grundsätzlichen Ausrichtung zunächst wenig. Auch zwischen Gewerbe- und Realschulen gab es vielerorts keine Unterschiede, weil sie entweder das gleiche Klientel bedienten, die gleichen Fächer anboten oder die gleichen Berechtigungen verliehen. Erst ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden die bis heute gültigen Weichen zur Trennung in ein allgemeinbildendes und ein berufliches Schulsystem gestellt: Während etliche Gewerbeschulen den Ausbau des allgemeinbildenden Schulsystems, namentlich der Realschulen, mit beförderten, trugen andere zum Aufbau des Fachschulwesens mit bei (vgl. Knabe 1908). Das Fachschulsystem differenzierte sich nach technischen Bereichen und Niveaus aus. Auf mittlerer Ebene finden sich Baugewerkschulen, Bergschulen oder Bergakademien. Mit dem aufkeimenden technischen Hochschulwesen entwickelten sich daneben auch Einrichtungen, die nicht mehr nur ausschließlich der Qualifikation, sondern auch der Weiterentwicklung des technischen Wissens dienen sollten.

Gewerbliches Sonn- und Feiertagsschulwesen: Die in den meisten deutschen Einzelstaaten etwa ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eingerichteten religiös motivierten Sonn- und Feiertagsschulen für Jungen und Mädchen waren für die Abgänger der Elementarschulen zumeist obligatorisch. In ihrer ursprünglichen Funktion sollten sie den Unterricht in den Elementarfächern ergänzen bzw. weiterführen. Die inhaltliche Ausrichtung war daher überwiegend allgemein gehalten und unterschied sich nur wenig von den Volksschulen. Wegen des geringen Zeitbudgets – an vielen Schulen wird der Unterricht nur einstündig erteilt – kann weniger von Unterrichtsfächern, als vielmehr von Unterrichtsgegenständen gesprochen werden (Lange 1860, S. 866f.). Da die Schüler – Lehrlinge und Gesellen bis etwa 18 Jahre – ja schon in einem Lehr- oder Arbeitsverhältnis standen, fand der Unterricht überwiegend an Sonn- und Feiertagen sowie in den Früh- oder Abendstunden von Werktagen statt.
Zumindest in den größeren Städten verschiedener deutscher Staaten entwickelte sich neben den allgemeinen Sonntagschulen auch ein eng am „beruflichen Lebenskreis der Schüler“ orientiertes Sonntagsschulwesen (König 1997, S. 198). Im Gegensatz zur allgemeinen Sonntagsschule erfolgt der Besuch dieser gewerblichen Fortbildungsschule (auch Sonntagsgewerbeschule, sonntägliche Handwerkerschule oder einfach nur Gewerbeschule) für Lehrlinge besonders aber für Gesellen vielerorts auf freiwilliger Basis. Die Sonntagsschulpflicht, die etwa bis zum 18. Lebensjahr dauerte, konnte in verschiedenen Einzelstaaten durch den Besuch der gewerblichen Variante ersetzt werden. Auch an diesen Schulen stand die Sicherung des Stoffs der Volksschule im Vordergrund, zugleich sollte dieser in einem engen Bezug zur gewerblichen Praxis der Schüler behandelt werden. Darüber hinaus sollten sich die Schüler auch solche Kenntnisse und Fertigkeiten aneignen, die entweder direkt praktisch umgesetzt werden konnten, zumindest aber dazu befähigten, die Urteilskraft sowie das selbstständige Denken im Arbeitsvollzug zu befördern (Lange 1860, S. 879).
Unterrichtet wurde an diesen Schulen vorrangig Deutsch, Rechnen, Naturlehre und Zeichnen (Schultz 1903, S. 559). Das Zeichnen nahm inhaltlich und methodisch eine wichtige Stellung ein, so dass auch von sonntäglichen Zeichnungsschulen die Rede war. In den „entwickelten“ Fortbildungsschulen wurden darüber hinaus spezifischere Fächer wie Chemie, Physik, Geometrie oder praktische Mechanik unterrichtet (vgl. Holg 1863), die als „Hilfswissenschaften“ für die gewerbliche Praxis galten. Teilweise wurden – vorzugsweise für Angehörige des „höheren Gewerbestandes sowie junge Kaufleute“ – Kurse in Französisch, Englisch, Handelsfächern, deutscher Literatur und Geschichte angeboten (vgl. Lange 1860, S. 871). Art und Umfang der unterschiedlichen fachlichen Angebote waren von den jeweiligen regionalen Verhältnissen und insbesondere auch von der Nähe anderer Bildungsinstitutionen abhängig, die dann sowohl Lehrer, Ausstattung und Räumlichkeiten stellten. So wird den Fortbildungsschulen beispielsweise

in Preußen eine Zusammenarbeit mit den Provinzial-Gewerbeschulen, und in Württemberg oder Österreich mit den Realschulen (Lange 1860), in Bayern mit den Landwirtschafts- und Gewerbeschulen bescheinigt (König 1997).

Gewerbeschulen: Während die gewerblichen Sonn- und Feiertagsschulen ursprünglich der Bildung der Lehrlinge und Gesellen im „traditionellen" Handwerk dienen sollten, entstanden daneben auch solche Gewerbeschulen, die als berufsbegleitende oder Vollzeitschulen den gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen gezielter Rechnung tragen sollten. Mit ihrem berufsvorbereitenden oder berufsqualifizierendem Charakter sollten sie die theoretischen Qualifikationen zukünftiger Handwerker, Kaufleute, Fabrikanten oder Gutsbesitzer anbahnen und damit insgesamt eine gedeihliche gewerbliche und industrielle Entwicklung befördern beziehungsweise auf jene Zweige der Fabrikation vorbereiten, für die naturwissenschaftliche oder chemisch-technische Kenntnisse unerlässlich waren (dazu beispielsweise die Konzeption einer Gewerbschule bei Ammermüller 1837). Die Einrichtung derartiger Schulen sah man vorrangig in „nationalökonomischen" Interessen begründet (Stromberger 1860, S. 859), wenngleich auch Wert auf eine moralische Erziehung gelegt wurde, weil – wie es Franz Joseph Molitor (1808, S. 51) ausdrückte – das „Technische …nie ohne das Moralische" entwickelt werden könne.
Die im Vollzeitunterricht arbeitenden Gewerbeschulen waren inhaltlich auf zwei bis drei Jahre angelegt und setzten eine schulische Vorbildung an Volks- oder Realschulen voraus. In dieser Form bildeten sie den mittleren Teil des beruflich orientierten Bildungssystems. Freilich ist auch hier die in den verschiedenen deutschen Einzelstaaten auftretende Bandbreite möglicher Formen groß. In vielen Fällen handelte es sich beispielsweise eher um Realschulen, ohne Latein und mit einer Fokussierung auf naturwissenschaftlich-technische Inhalte und neuere Sprachen. Andere Einrichtungen wiederum waren bereits auf ein spezifisches Gewerbe hin orientierte Fachschulen (z.B. Forst-, Ingenieur-, Bau- oder Landwirtschaftsschulen). Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts wurden vermehrt auch Fachschulen für die Metallindustrie gegründet (Schöfer 1981, S. 120). Teilweise bildeten diese Fach- beziehungsweise polytechnischen Schulen auch die Keimzelle für das technische Hochschulwesen. Berücksichtigung fanden in der Regel die auch in den gewerblichen Sonn- und Feiertagsschulen praktizierten Inhalte, hier allerdings eher in Kurs- oder Stundenform, z.B. Modellieren, Naturlehre (Physik, Chemie), Geometrie, Buchführung und Zeichnen.[12]
Bis zu einer gewissen Konsolidierung, die in allen deutschen Staaten erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts abgeschlossen war, stellte sich die Rolle der vielfältigen Gewerbe- bzw. gewerblichen Fachschulen quer über die einzelstaatlichen Schulstrukturen recht unentschieden dar, insbesondere in folgenden Punkten:

- Eintrittsalter und notwendige Vorbildung,
- Ausmaß und Anteile der zu vermittelnden allgemeinen oder fachlichen Bildung,
- Entscheidung zwischen berufsvorbereitender oder berufsqualifizierender Funktion,
- Art der Berechtigungen,
- Verhältnis zur gelehrten Bildung (Gymnasium) einerseits und zur höheren technischen Bildung (Polytechnische Schulen und technische Hochschulen) andererseits (vgl. Stromberger 1860 f.).

Anders als etwa in Frankreich konnten sich in Deutschland nur wenige berufliche Schulen auf mittlerem Niveau halten und sich in Richtung Berufsfachschulen entwickeln. Der Grund dafür lag im bevorzugten Modell der Handwerkslehre. Es erfuhr durch verschiedene Gesetze eine rechtliche Absicherung und erschwerte damit alternative Ausbildungsgänge.

[12] Näheres zu den Gewerbeschulen etwa bei Thiersch (1838) oder bei Wiese (1869). Einen Eindruck von der Provinzial-Gewerbeschule ab der Mitte des 19. Jahrhunderts in Preußen gewinnt man durch das Studium einschlägiger Verordnungen, z.B: Plan zur Organisation der Provinzial-Gewerbeschule und Reglement für die Entlassungsprüfungen bei den Provinzial-Gewerbeschulen (In: Berlinischer Gymnasiallehrer-Verein 1850, S. 752–762). Ein Stundenplan für eine im Winterhalbjahr betriebene Gewerbeschule in Stuttgart findet sich bei Thiersch (1838b. S.49ff.).

Die höhere technische Bildung – Fachschulen, polytechnische Schulen und Technische Hochschulen: Die fortschreitende Verwissenschaftlichung und Spezialisierung der technischen Entwicklung machte Bildungseinrichtungen erforderlich, die mehr als bisher der systematischen Fachbildung verpflichtet waren. Allerdings vollzog sich die Institutionalisierung der höheren technischen Bildung – anderes als man es erwarten würde – nicht unter dem Mantel der bestehenden Universitäten. Dafür verantwortlich waren u.a. inhaltliche Aspekte. Der an den Universitäten im Rahmen der Kameralwissenschaften gelehrten, teilweise historisch-deskriptiven Gewerbekunde fehlte es an der methodisch-naturwissenschaftlichen Begründung (vgl. König 2004). Sie wurde daher von den aufkommenden Naturwissenschaften übergangen. Die Kameralwissenschaften wiederum wurden als ökonomische Disziplin von der Nationalökonomie, als Verwaltungswissenschaft von den Rechtswissenschaften abgelöst. Überhaupt musste die höhere technische Bildung erst noch ihren Stand innerhalb der vorherrschenden Wissenschaftskultur behaupten. Rechtfertigungsdruck ergab sich zum Beispiel in Bezug auf den Nachweis der Effektivität naturwissenschaftlich-mathematischen Wissens im Vergleich zum Erfahrungswissen des Praktikers. Gleichzeitig machte die Etablierung autonomer Technikwissenschaften eine Abgrenzung zu den Naturwissenschaften und zur Mathematik erforderlich (vgl. Jobst 1995, S. 116ff.).

Ohne größeren Nachhall blieb indes der über den deskriptiven Charakter einer Gewerbekunde hinausgehende „Entwurf einer Allgemeinen Technologie“, der 1806 von Johann Beckmann vorgelegt wurde. Sein Versuch, die Technologie zu einer systematischen Verfahrenslehre zu entwickeln, erreichte die eigentliche Zielgruppe nicht, nämlich die Gewerbetreibenden (König 2006a, S. 187).

Ein weiterer Grund dafür, dass die sich konstituierenden Ingenieurwissenschaften nicht in die Universitäten integriert wurden, lag in der humanistisch-idealistischen Wissenschaftsauffassung Humboldt’scher Prägung (vgl. Scholl 1978, S. 286). Bis weit ins 19. Jahrhundert wurde das praktische Arbeiten von Experimentalwissenschaftlern und Ingenieuren argwöhnisch beäugt (vgl. Sibum 2006). Die instrumentell und maschinell bedingten Erkenntnismethoden wurden in einen Gegensatz zur wissenschaftlichen Theorie gebracht, wenngleich selbst Zeitgenossen darauf verwiesen, dass andere an der Universität gelehrte Wissenschaften wie die Medizin ja ebenfalls einen starken Praxisbezug aufweisen würden (vgl. Thiersch 1838a, S. 317f.). Andererseits gab es durchaus auch ein Interesse, den aufstrebenden technischen Wissenschaften eigene Stätten für Forschung und Lehre zu erschließen.

Die eigentlich den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen durchaus zugewandten Gewerbeschulen konnten sich eine systematische Fachbildung oft nicht leisten und offerierten eher eine Mischung aus allgemeinbildenden Fächern und allgemeiner technischer Bildung. Dem Bedürfnis nach „Spezialbildung“ sollte daher durch die Gründung von Fachschulen, höheren Gewerbeschulen oder polytechnischen Lehranstalten Rechnung getragen werden. Besonders letztere bilden den Kern des sich dann konstituierenden technischen Hochschulwesens. Zwischen 1821 und 1836 kam es vor allem in den Residenzstädten der deutschen Einzelstaaten zu einer regelrechten Gründungswelle von höheren Gewerbe- und Polytechnischen Schulen (König 2006a, S. 192f.). Als Vorbilder fungierten die bereits 1794 gegründete École Polytechnique in Paris sowie die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich oder – für die süddeutschen Staaten – das Wiener Modell der Polytechnischen Schule.

Die didaktische Konzeption der École Polytechnique war von der Maxime bestimmt, jeglicher Praxis die Theorie vorausgehen zu lassen, ja in fortschreitender theoretischer Abstraktion die Gesetzmäßigkeiten aufzuspüren, von der aus Technik dann weiterentwickelt werden sollte. Die Einrichtung der polytechnischen Schulen in den deutschen Einzelstaaten erfolgte ebenfalls in dem Bestreben, der Technik die in rascher Folge aufkommenden wissenschaftlichen Erkenntnisse beizustellen, ja diese direkt von der Basis einer umfassenden Sammlung naturgesetzlicher

Fundamentalsätze her weiter zu entwickeln.[13] Dazu sollten die Studierenden an den neu geschaffenen technischen Bildungseinrichtungen ihren Beitrag leisten (Schnabel 1934, S. 243).
Die Realität stellte sich in den deutschen Gründungen indes zunächst weitaus weniger revolutionär dar. Die Anfänge etlicher der später zu technischen Hochschulen erhobenen Einrichtungen waren eher bescheiden: *„Das von Beuth 1821 eingerichtete Berliner Institut war zunächst eine zweiklassige Handwerkerschule mit geringen Lehrzielen. Andere Gründungen in deutschen Ländern, die zwischen 1825 und 1836 lagen, waren in ihren Ambitionen vielfach anspruchsvoller, realiter aber nicht sehr weit von Beuths Institut entfernt, oft hatten sie Vorläufer in Gestalt von architektonischen Zeichenschulen (Karlsruhe), Realschulen (Darmstadt; Stuttgart) oder vergleichbaren Lehranstalten, und auf jeden Fall machten sie dann eine ähnliche Entwicklung durch“* (Blankertz 1969, S. 84).
Die Bestrebungen der Technischen Hochschulen liefen auf eine Gleichberechtigung mit den traditionellen Universitäten hinaus, die diese Absicht jedoch lange Zeit bekämpften. Eine der Universität vergleichbare Stellung strebten die höheren technischen Bildungseinrichtungen allein schon deswegen an, um eine einigermaßen gleich vorgebildete Studentenklientel zu bekommen. Freilich wollten die Professoren auch das gleiche Prestige wie ihre universitären Kollegen. Dieser Konflikt dauerte bis zur Jahrhundertwende. Dafür, dass die Gleichheitsbestrebungen letztlich erfolgreich waren, gab es mehrere Gründe. Einer war, dass das allgemeinbildende Abitur nun als Eingangsvoraussetzung für das Ingenieurstudium vorgeschrieben wurde. Ein anderer lag darin, dass in Anlehnung an die Theoretisierung der Universitäten die Mathematisierung und Physikalisierung der Ausbildung vorangetrieben wurde (Müller 1990, S. 87; König 2006a, S. 202ff.).

Didaktik, Methoden und Lernorte in den gewerblichen Schulen des 19. Jahrhundert: Parallel zur Institutionalisierung technischer Lehranstalten im frühen 19. Jahrhundert entwickelt sich die Unterrichtsmethodik zur Erschließung technischer Lerngegenstände (vgl. Schütte 2003, S. 19). Der Unterricht in den gewerblichen Fortbildungsschulen ist vor allem der Anschaulichkeit verpflichtet. In den von Friedrich Thiersch 1838 in seinen Abhandlungen „*Ueber den gegenwärtigen Zustand des öffentlichen Unterrichts in den westlichen Staaten von Deutschland, Holland Frankreich und Belgien*“ dokumentierten Schulhospitationen zählt er Werkstätten, maschinentechnische oder naturwissenschaftliche Sammlungen, Hör- und Zeichensäle sowie praktische Übungen auf. Das Zeichnen – „die Sprache der Technik“ (Lange 1860, S. 885) – nahm in allen gewerblichen Schulen eine Sonderstellung ein. Die Grundlagen für das Zeichnen wurden mit dem elementaren Projektions- oder „geometrischen“ Zeichnen (an den niederen Schulen) sowie mit der darstellenden Geometrie (an den mittleren und höheren beruflichen Schulen) gelegt. Danach beschäftigte man sich – je nach Gewerk oder Profession – mit Freihandzeichnung, Ornamentzeichnung, Architekturzeichnung, Figurzeichnung sowie Gewerbe- oder Maschinenzeichnen. Vorlagen für den Zeichenunterricht bilden Handwerkszeichnungen, technische Musterzeichnungen und Modelle aus Gips, Metall und Holz (vgl. Weishaupt 1867, S. 105f.).
In Anbetracht der unterschiedlichen Voraussetzungen der Schüler und der vor allem in den gewerblichen Sonntagsschulen nur unzureichend zur Verfügung stehenden Zeit sollten die Inhalte dort nicht in systematischen Kursen, sondern eher anhand exemplarisch ausgewählter Einheiten vermittelt werden.
Für den naturwissenschaftlichen Unterricht und die Mathematik wird in zeitgenössischer Lite-

[13] Dass die Ausgestaltung der Fachschulen, besonders das Ringen um Theorie und Praxis sowie die Auswahl der Fächer zur Mitte des Jahrhunderts noch nicht abgeschlossen waren, dafür ist die Vorrede im Konstruktionsbuch von Franz Reuleaux von 1861 ein beredtes Beispiel. Reuleaux (S. VIII-IX) weist darauf hin, dass die Schule keine fertigen Maschinenbauingenieure hervorbringen könnten, da hier Erfahrung eine wichtige Rolle spiele. Zudem konstatiert er, dass weder Maschinenbaukunde noch die Baukunst einfach nur eine angewandte Mechanik wären, also sich allein von den Naturwissenschaften her erschließen ließe, wie dies seiner Meinung nach an den französischen polytechnischen Schulen versucht würde.

ratur bereits das praktische Experiment als Voraussetzung für die theoretische Behandlung gefordert (Lange 1860). Vertieft werden technische Inhalte zusätzlich durch das Anfertigen von Geschäftsbriefen oder durch Flächen- und Körperberechnungen.

Trennung von Allgemein- und beruflicher Bildung: Seit dem 18. Jahrhundert wurde von verschiedenen Seiten die Förderung einer höheren Bildung für angehende Handwerker, Künstler oder Kaufleute angemahnt, also für Ausbildungen, für die Universitätsstudien nicht unbedingt als notwendig angesehen wurden. Das Ansinnen eines, die Belange von Gewerbe und Handel besser berücksichtigenden Bildungssystems stand allerdings auch im 19. Jahrhundert im Spannungsfeld unterschiedlicher inhaltlicher und standesrechtlicher Zielkonflikte.
Inhaltlich blieb der Dissens zur humanistischen Bildungsauffassung, für die beispielsweise eine Auseinandersetzung mit alten Sprachen erforderlich war. Die Komplexität und Spezialisierung des technischen Wissens drängten außerdem auf eine genauere Abstufung und Zuordnung der Inhalte zu Schulstufen oder -arten. Generell blieb der Zuschnitt des Berechtigungswesens, also die Variationsbreite für schulische und berufliche Anschlussmöglichkeiten, ein ständiges Konfliktpotential.[14]
Vor dem Hintergrund eines vielschichtigen Systems verschiedener Gewerbeschulen, Realschulen, Realklassen bzw. Realkursen kam es ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu einer gewissen „Flurbereinigung“. Sie führte zu einer klareren Abgrenzung von Realschulen, Gewerbe- und Fachschulen sowie zur Umwandlung von Gewerbeschulen in die später dem Gymnasium gleichgestellten Oberrealschulen. Gleichzeitig wurden Fachschulen neu gegründet. Sie sollten die Lücke bei der Versorgung des technischen Personals auf mittlerer Ebene sicherstellen. Für den Zugang zu den technischen Hochschulen setzte sich – dem Anspruch des Bürgertums entsprechend – das Abitur durch (Knabe 1908, S. 240; Hashagen 2003, S. 353f.; König 2006a, S. 202).
Die Umwandlung von Gewerbeschulen in Realschulen war leicht zu bewerkstelligen, da sie im Großen und Ganzen ja von jeher Allgemeinbildung betrieben. Der aus einzelnen Gewerbeschulen an die Real- und Oberrealschulen überführte Kern technischer oder auch ökonomischer Bildung, der sich in Fortbildungs- oder gewerblichen Fach- und Handelsklassen manifestierte, wurde dagegen ausgedünnt. Die beispielsweise in Preußen bis zum Ende des 19. Jahrhunderts an den Realschulen verbliebenen maschinentechnischen Fachklassen wurden von diesen herausgelöst und in eigenständige Schulen übergeführt (Holzmüller 1903). Auch für die mit den Gewerbeschulen oft verbundenen Handwerkerfortbildungsschulen bedeutete die Umwandlung in allgemeinbildende Schulen eine Zäsur. Dies begünstigte eine Tendenz zu allgemeinen Fortbildungsschulen (Blankertz 1969, S. 106).
Mit den nun zahlreich aufgebauten Fachschulen wurde zwar eine adäquate Weiterbildungseinrichtung für aufstiegsorientierte Handwerksgesellen, industrielle Facharbeiter sowie für die Abgänger gymnasialer Lehranstalten unterhalb des Hochschulniveaus geschaffen.[15] Ihre Entwicklung wurde allerdings durch das Berechtigungswesen eingeschränkt, weil die Bestrebungen scheiterten, die Abschlüsse der Fachschulen dem Abitur gleichzusetzen. Das Abitur galt weiterhin als Eintrittskarte in die Welt des Bildungsbürgertums und ebnete zudem auch den Weg zur Offizierslaufbahn. Hatte man zuerst noch Fach- oder Gewerbeschulabschlüsse als ausreichend für die Zulassung zu technischen Hochschulen angesehen, wurde das Abitur nun auch dort zur Normalvoraussetzung. Insgesamt gesehen verfestigte sich die Zweiteilung des deutschen Bildungssystems: Hier Gymnasium und Universität auf der einen Seite, dort Realschule

[14] Einen Überblick über die gesellschaftliche Funktion des Berechtigungswesens findet sich bei Blankertz 1969 ab S. 107

[15] Einen Einblick in die didaktisch-methodische Struktur gibt die Stundentafel einer Bochumer Bergschule am Ende des 19. Jahrhunderts: Es dominiert die Fachkunde mit 8 Unterrichtsstunden. 4 Stunden sind dem Konstruktionszeichnen in der Unterklasse, dem Planzeichnen in der Oberklasse 6 Stunden gewidmet. Beim Konstruktionszeichnen werden Modelle und Apparate der Schulsammlung verwendet. Weitere Fächer sind u.a. Mathematik (4 Stunden), Mechanik und Maschinenlehre (4 bzw. 2 Stunden), Markscheiden sowie Grubenrechnungswesen mit zwei Stunden (Schultz 1903, S. 557f.).

und Polytechnikum, bzw. Fachschule auf der anderen Seite (Schnabel 1936, S. 321; Schütte 2003, S. 5f.).
Mit der Konsolidierung im Bildungsbereich waren generell auch die Inhalte zugeordnet: Innerhalb des allgemeinbildenden Schulsystems mit seinen Realgymnasien bzw. Oberrealschulen sowie Real- und Volksschulen sollte der wissenschaftlich legitimierte naturgesetzliche Kern, nicht die Technik an sich, behandelt werden. Die Auffassung war hier, dass diese Grundlagen sowohl den Ansprüchen eines grundsätzlichen Weltverständnisses als auch den einer sich anschließenden beruflichen Ausbildung genügen würden.
Das technisch-berufliche Schulwesen differenzierte sich entlang verschiedener Distinktionskriterien aus. Von Bedeutung dabei waren die als notwendig erachtete berufliche Vorbildung, das für die Durchdringung der Fachinhalte erforderliche Niveau der mathematisch-naturwissenschaftlichen Basis sowie die jeweilige fachliche Ausprägung. Diese Kriterien zeigten eine nachhaltige Wirkung. Während die Fachschulen nach preußischem Muster bis in die 70er-Jahre des 20. Jahrhunderts hinein – also bis zur Gründung der Fachhochschulen – eine auf mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung gründende Fachbildung pflegten, adaptierten die gewerblich-technischen Berufsschulen in ihrer „Theorie“ nur Teile dieser Fachbildung und setzen eher auf berufliche Sozialisation und eine Fokussierung beruflicher Tätigkeiten im engen Korsett bestimmter Gewerke oder Industrien (Schütte & Gonon 2004, S. 1000f.).

2.3.2 Entwicklung und Ausgestaltung des Dualen Systems

Das für Mitteleuropa eigentümliche System der Dualen Berufsausbildung mit dem Lernort Betrieb auf der einen und dem Lernort Berufsschule auf der anderen Seite ist das Ergebnis eines längeren geschichtlichen Prozesses mit verschiedenen Entwicklungen. Den entscheidenden Ausschlag gab jedoch eine im ausgehenden 19. Jahrhundert gesellschaftspolitisch motivierte Renaissance der eigentlich überholt geglaubten handwerklichen Ausbildungspraxis. Mit der Wiederbelebung althergebrachter Strukturen wurde dabei nicht so sehr den Anforderungen eines aufstrebenden Industriestaates, als vielmehr den Wünschen des verunsicherten und mit Auflösungstendenzen kämpfenden bürgerlichen Lagers entsprochen (Stratmann 1992 in Greinert 2006, S.499 f.).

Nukleus – handwerkliche Ausbildung: Die Ursprünge der betrieblichen Berufsausbildung sind im Zunftwesen und in der Handwerkslehre des Mittelalters zu suchen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts verloren die Zünfte jedoch ihr jahrhundertealtes Ausbildungsmonopol (König 1997, S. 190). Durch die Einführung der Gewerbefreiheit sollten wirtschaftlicher Wettbewerb und Marktzugang erleichtert werden. Nach einem zunächst enormen Wachstumsprozess verlangsamte sich in Deutschland im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts jedoch der wirtschaftliche Aufschwung. Angst vor wirtschaftlicher Unsicherheit genauso wie tatsächliche soziale Verwerfungen bereiteten das Klima für eine konservative Gewerbepolitik. Mit der so genannten „Mittelstandspolitik“ des Kaiserreichs wurde der Versuch unternommen, den Belangen von Handwerk, Kleinhandel sowie Kleinbauerntum entgegenzukommen und diese Bevölkerungsteile in ein „Bollwerk gegen die Sozialdemokratie“ zu verwandeln (Greinert 2006, S. 500).
Das Interesse der staatstragenden konservativen Elite in Preußen traf hier auf das der Handwerksvertreter, die seit Aufhebung der Zunftrechte und der Einführung der Gewerbefreiheit ihre alten Rechte wieder zu erlangen suchten. Mit der preußischen Gewerbeordnung von 1845/49 schien dies zunächst auch zu gelingen: Den Innungen wurden etliche Rechte zugestanden, u.a. im Rahmen der Berufsausbildung. Einen Mitgliedszwang gab es indes nicht, so dass die freie Entwicklung industriell ausgerichteter Betriebe gewahrt blieb. Für diese blieb eine eigene Lehrlingsausbildung auf der Grundlage eines dreijährigen Erziehungsverhältnisses zunächst auch uninteressant (Schöfer 1981, S. 55).

Mit der Gewerbeordnung des Norddeutschen Bundes von 1869 wurde die völlige Gewerbefreiheit dann jedoch wiederum eingeführt. Ausbildungsfragen sollten privatrechtlich geregelt werden, wurden also in die Hände von Lehrling beziehungsweise Vormund und Ausbildungsbetrieb gelegt. Allerdings bekam der Besuch von Fortbildungsschulen durch die Gesellen, Gehilfen oder Lehrlinge eine rechtliche Grundlage.
In der Folge nahm die Regelungstiefe im Handwerk weiter zu. Sie führte zu einer Restauration der nach mittelalterlichem Vorbild strukturierten Qualifikationsstufen in Lehrling-Geselle-Meister. Zudem wurden 1897 Handwerkskammern und Zwangsinnungen eingeführt und 1908 der kleine Befähigungsnachweis gefordert. Die Ausbildung eines Lehrlings war damit von der Existenz eines geprüften Meisters abhängig. Die Strukturen für die „betriebliche" Seite der Ausbildung waren somit im Wesentlichen definiert. Von Seiten der Industrie kam kein nennenswerter Widerstand. Die Ausbildung dort kann im Wesentlichen als uneinheitlich, zufällig und wenig formalisiert bezeichnet werden.[16] Die Gründe hierfür waren lt. Schöfer (1981, S. 88f.) unterschiedlicher Natur: Einmal hatten die Unternehmer kaum größere Schwierigkeiten bei der Besetzung der begehrten Stellen, zudem war kein dem Niveau handwerklicher Ausbildung entsprechendes Ausbildungskonzept im Umlauf und möglicherweise wollten sie ihre Arbeiter auch ganz bewusst auf einem niedrigen Bildungsstand halten, um so ihre Herrschaftsstellung nicht zu gefährden.

Konstitution der Berufsschule: Die Idee der Berufsschule – also des zweiten Lernortes – knüpfte an den Bildungsintentionen der Sonn-, Feiertags- bzw. Fortbildungsschulen an. Wie oben aufgezeigt, gab es neben den regulären Sonn- und Feiertagsschulen regionale Initiativen für ein berufsbegleitendes gewerbliches Fortbildungsschulwesen (vgl. hierzu Stratmann 1983, S. 182). Generell blieben die Fortbildungsschulen allerdings eine Wiederholungseinrichtung für den Stoff der Volksschulen und hatten demnach keinen originär berufsbezogenen Auftrag.
Sozialpolitische Überlegungen führten zu einer Erneuerung dieser Bildungsinstitution. Angesichts der rapid anwachsenden Bevölkerung und der aus der Sicht des Staates unheilvollen politischen Formierung der Arbeiterschaft in Richtung Sozialdemokratie wurde der verpflichtende Unterricht in diesen Einrichtungen als probates Mittel betrachtet, dem Sozialisierungsproblem besonders der männlichen Jugend entgegenzuwirken. Gleichzeitig sah man in entsprechenden Einrichtungen eine geeignete Möglichkeit, die Qualifizierung der Arbeiterschaft zu erhöhen. In den 70iger Jahren des 19. Jahrhunderts setzte daher eine Gründungswelle für Fortbildungsschulen ein. Blankertz (1969, S. 128) bezeichnet sie als säkularisierte religiöse Sonntagsschulen. Aufgrund der inhaltlichen Ausrichtung an der Volksschule sowie einer auf politische Indoktrination angelegten Gesamtverfassung erreichte diese Schulform allerdings die bereits im Arbeitsleben stehende und teilweise politisch organisierte jugendliche Arbeitnehmerschaft nur sehr schwer.
Etwa ab 1890 wurde teilweise eine Beschulung nach Berufsgruppen üblich. Für deren Einteilung wurde einerseits das vom dem jeweiligen Beruf bearbeitete Material andererseits die dominante Form des Zeichnens und des Arbeitsverfahrens berücksichtigt (Lipsmeier 2006, S. 281). Wegweisend für die Ausrichtung der gewerblichen Fortbildungsschulen wurde ein 1898 im Zuge eines Wettbewerbsbeitrags formulierter Vorschlag des Münchner Stadtschulrates Georg Kerschensteiner zur Konzeptualisierung der Fortbildungsschule. Ausgangspunkt seines Ansatzes war neben wirtschaftlichen Überlegungen vor allem die Sorge, die Jugend könne nach Verlassen der Volksschule die dort mühsam aufgebaute „Zucht" vergessen und dem Staate entgleiten. Sein Konzept sah vor, die nationalstaatliche und bürgerliche Integration der Jugendli-

[16] Schöfer (1981, S. 93f.) nennt vier grundsätzliche Modelle:
1. Weiterbildung von Handwerksgesellen im Fabrikbetrieb
2. Ausbildung von Lehrlingen durch ältere Gesellen systematisch oder zufällig
3. Ausbildung in Lehrwerkstätten
4. Ausbildung über die Jahre ohne einen besonderen Lehrlingsstatus

chen durch eine ganz auf den Beruf hin orientierte Institution zu erreichen. Über die Ausrichtung der Schule am Beruf solle das Interesse der Knaben gewonnen werde. Habe man nämlich dieses, so sei auch der Weg zu ihrem Vertrauen gewonnen und damit die Voraussetzung für Führung geschaffen (Kerschensteiner 1900, S. 39). Diese Argumentation deckte sich mit Kerschensteiners grundsätzlicher Auffassung über die Aufgabe von Schulen, wie sie auch in anderen Publikationen aufscheint: Schulen sollten jeweils nicht einem einzelnen, sondern dem allgemeinen Zweck dienen, nämlich dem Rechts- und Kulturstaat zuarbeiten. Eine Schule, die beispielsweise Technik nur um der Technik willen betreibt, war aus seiner Sicht abzulehnen (Kerschensteiner 2010, S. 13).

Anders als etwa der amerikanische Pädagoge John Dewey (1859-1952) bezog Kerschensteiner schulische Überlegungen zu Arbeit und Beruf nicht auf die reale technische Entwicklung, sondern integrierte sie in eine „kantianisch-idealistisch inspirierte Bildungstheorie“ (Gonon 1997, S. 11). Nicht die Idee technisch-ökonomischer Bildung stand damit selbstbewusst an der Wiege der Berufsschule, sondern ein sozialpolitisch-erzieherisches Leitbild, das dem Mittelstand und dem staatsbürgerlichen Ethos verpflichtet war. Das schmälert freilich nicht die Leistung Kerschensteiners, einerseits Arbeit und Beruf wieder in den pädagogischen Horizont gerückt und andererseits mit der berufsbegleitenden Ausbildung in der Schule, dem Werkstättenunterricht sowie der Abschaffung des Abendunterrichts der Konzeption der Berufsschule wichtige Impulse beigesteuert zu haben.

Die Ausgangslage für eine Vereinheitlichung beruflich orientierter Schulen zu Anfang des 20. Jahrhunderts war indes alles andere als einheitlich, was sich allein schon in den vielfältigen Bezeichnungen äußerte: Schulen wurden als allgemeine Fortbildungsschulen, gewerbliche oder kaufmännische Schulen bezeichnet. In Süd- und Mitteldeutschland sowie in Mecklenburg und den Hansestädten war auch der Ausdruck Gewerbeschulen üblich. In Sachsen gab es Fachgewerbeschulen und in Bayern sprach man unter anderem von Fachschulen (Grüner 1960, S. 1). So unterschiedlich die Bezeichnungen, so unterschiedlich waren teilweise auch die Intentionen der jeweiligen Protagonisten: Während die Befürworter der Fortbildungsschule den Beruf nicht als Erziehungsziel, sondern als Erziehungsmittel begriffen, waren die Befürworter der Gewerbeschulen eher an der fachlichen Förderung der Schüler interessiert. Eine Vereinheitlichung trat schrittweise ein, wobei sich insgesamt die Fortbildungsschulidee gegenüber der Gewerbeschulidee durchsetzte (näheres dazu bei Schöfer 1981, S. 124 ff.).

Bedeutsam für die weitere Entwicklung der Berufsschule wurde die mit der Weimarer Reichsverfassung von 1919 festgeschriebene Schulpflicht bis zum 18. Lebensjahr. Sie sollte nach der achtjährigen Volksschule in der sich anschließenden Fortbildungsschule erbracht werden. Die Reichsschulkonferenz schuf auf dieser Basis die Ansätze für eine reichseinheitliche „neue Berufsschule“ (Pahl 2004, S. 70).

Nach der etwa von 1870 bis 1920 reichenden Gründungs- bzw. Protophase wurde das System der etwa ab 1920 als Berufsschulen bezeichneten Fortbildungsschulen ordnungspolitisch und curricular weiter ausgebaut (Greinert 1993). Durch die Zusammenfassung verwandter Berufe kam es zur Ausbildung von gewerblich-technischen, gewerblich-hauswirtschaftlichen, kaufmännischen und landwirtschaftlichen Berufsschulen (Lipsmeier 2006, S. 281). Inhaltlich wanderte zu Beginn des 20. Jahrhunderts die berufsfachliche Ausbildung, die im Rahmen der Berufs-, Gewerbe- oder Geschäftskunde zunächst einen eher randständigen Charakter eingenommen hatte, neben dem technischen Zeichnen schrittweise in das Zentrum des gewerblich-technischen Berufsschullehrplans. Es oblag nun einer eigenen Fachkunde, "[…] *die Schüler mit der Technologie ihres besonderen Gewerbes bekanntzumachen, ihnen die Vorgänge in der Werkstatt wissenschaftlich zu begründen und sie im Geiste ihres Berufes zu vertiefen*" (Pache 1900, S. 93). Mit der bloßen Fokussierung auf die Fertigung und der Vernachlässigung auf Konstruktion und Entwurf blieb der technikdidaktische Anspruch im Gegensatz zu den Fachschulen allerdings eher bescheiden (Schütte & Gonon 2004, 1012f.).

Integration der industriellen Ausbildung: Während der industrielle Bedarf an Arbeitskräften während des gesamten 19. Jahrhunderts – von einzelnen betrieblichen Ausbildungsinitiativen abgesehen – durch ungelernte oder kurzfristig angelernte Arbeiter oder eben aus dem Reservoir der handwerklich Ausgebildeten gedeckt werden konnte, formierte sich das Anliegen, eine eigene Lehrlingsausbildung zu begründen, am Ende des 19. Jahrhunderts deutlicher. Gründe dafür waren zum einen die Krise der handwerklichen Ausbildung, zum anderen die fortschreitende industriell-technische Entwicklung (Wolsing 1977, S. 64f.). Anders als im Handwerk mit seiner auf Vollständigkeit des Fertigungsprozesses angelegten und mit relativ konstanten Arbeitsmitteln auskommenden Tätigkeitsstruktur, zeichnet sich die industrielle Arbeit durch Teilung und Rationalisierung sowie durch eine stete Anpassung an neue Produktionsmethoden aus. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts kam es zu einem vermehrten Einsatz von Werkzeugmaschinen, für die geeignetes Bedienungspersonal benötigt wurde. Die gezielte Einarbeitung in ein bestimmtes Tätigkeitsspektrum verlangte nun nach einer Alternative zur eher auf Zufälligkeit der Vermittlung fachlicher Inhalte ausgelegten Handwerkslehre. Dies führte zur Spezialisierung des industriellen „Facharbeiters“. Um 1890 erreichte das Niveau der industriell ausgebildeten Facharbeiter das Niveau derer im Handwerk (Schöfer 1981, S. 87).
Allerdings blieb der Status eines Industriearbeiters bis etwa 1910 oft unklar. Der Abschluss von Lehrverträgen war nicht obligatorisch. Damit war mitunter nicht erkennbar, ob jemand als Lehrling oder als Hilfsarbeiter beschäftigt wurde. Die Unterscheidung in Facharbeiter, angelernte Arbeiter und „Hülfsarbeiter“ ist ein Ergebnis des 1908 gegründeten Deutschen Ausschuss für das technische Schulwesen (DATSCH) (Herkner 2008, S. 74).
Mit dem DATSCH existierte nun erstmals eine Institution, die sich den Belangen der zahlenmäßig wichtiger werdenden industriellen Ausbildung gezielter widmete (vgl. Benner 1987). Berücksichtigt werden mussten zum Beispiel die Folgen der durch F.W. Taylor (1865-1915) beförderten Ökonomisierung der Arbeit. Sie führen im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts zu etlichen Neuerungen in der industriellen Berufsausbildung: Eingeführt werden Lehrwerkstätten, Werkschulen, standardisierte Auswahlverfahren sowie feste Berufsbilder, Ausbildungspläne und Prüfungsanforderungen (Greinert 2006, S. 502).
Die Standardisierung versprach, die zwischenbetriebliche Mobilität der „Facharbeiter“ zu erhöhen, erforderte jedoch betriebsübergreifend gültige Lehrgänge. Die Umsetzung dieser Lehrgänge musste – um Störungen zu vermeiden – außerhalb des Produktionsprozesses erfolgen und begünstigte die Einrichtung von Lehrwerkstätten (Stratmann 1989, S. 287). Ab den 20er Jahren wurden vom DATSCH Lehrgänge für Maschinenbauerlehrlinge, Modelltischler, Former, Schlosser, Schmiede und später auch für Maurer und Zimmerer entwickelt. Ab 1925/26 begann der DATSCH zudem mit Arbeiten zur Berufsordnung: Berufe in der Metallindustrie, Schiffbau und chemischer Industrie wurden voneinander abgegrenzt und einfache Berufsbilder erstellt (Herkner 2008, S. 78). Der zwischenzeitlich beschrittene Weg der Industrie, die Berufsausbildung in eigenen Werkschulen zu organisieren, wurde dagegen wohl infolge der Weltwirtschaftskrise in den 20iger Jahren nicht weiterverfolgt. Für die weitere Festigung des Dualen Systems war dies nicht unerheblich, da handwerkliche und industrielle Ausbildung damit koordinierbar blieben. Zur Leitfigur im System der Berufsausbildung stieg indes der industriell geprägte Typus des Facharbeiters.

Konsolidierung und Charakter der gewerblich-technischen Ausbildung: Die zentralistischen Bestrebungen während der Zeit des Nationalsozialismus brachten eine Vereinheitlichung des Berufsschulwesens. Die Bezeichnungen für die „Berufsschule“, die „Berufsfachschule“ sowie die „Fachschulen“ wurden rechtsverbindlich. Durch abgestimmte curriculare Grundlagen wurde versucht, die betriebliche und schulische Ausbildung besser miteinander zu koordinieren. Einheitliche Berufsbezeichnungen, Prüfungsordnungen, Ausbildungsrichtlinien und Ausbildungsordnungen sollten diesem Ziel dienen. Damit war in den späten 30iger Jahren die Form

der klassischen Pflichtberufsschule institutionell und juristisch fixiert: dreijährige Berufsschulpflicht, acht Wochenstunden Unterricht, Beschulungspflicht der Schulträger (Stadt und Landkreise), einheitliche Lehrpläne, enge Anlehnung der Berufsschule an die betriebliche Ausbildung sowie Berufsschullehrer als Beamte. Auf breiter Front setzte sich das Berufsschulsystem allerdings erst nach dem Krieg durch. Das gilt für West-, wie im Großen und Ganzen auch für Ostdeutschland. Dort hielt man jedoch weiterhin auch an der deutschen Tradition des technischen Schulwesens fest (Schütte & Gonon 2004, S. 1006).
Mit dem 1969 in Kraft tretenden Berufsbildungsgesetz (BBiG) hat sich, beispielsweise was die Anerkennung von Ausbildungsberufen oder Zuständigkeiten bei der Gestaltung curricularer Grundlagen betrifft, der Staat mehr Einfluss auf die ursprünglich sehr von Unternehmerseite beeinflusste Berufsausbildung gesichert (Greinert 2006, S. 503f.). Die früheren Ordnungsmittel wurden in Folge des BBiG durch spezielle, für alle Ausbildungsberufe obligatorische Ausbildungsordnungen abgelöst (Benner 1987).
Die konsequent auf das Berufskonstrukt gerichtete technische Berufsausbildung grenzt sich damit von der technischen Bildung an Fach- und Hochschulen genauso wie von der allgemeinen technischen Bildung ab: Von der technischen Bildung an Fach- und Hochschulen vor allem dadurch, dass technische Bildung hier nicht vorrangig als Entwicklung konstruktiv-kreativer Dispositionen von der Basis systematischer naturwissenschaftlich-mathematischer Kenntnisse aus verstanden wird. Im Zentrum stehen vielmehr einzelnen Berufskreisen zugeordnete Handlungen mit ihren spezifisch dafür notwendigen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten. Die im beruflichen Bereich in den 80iger Jahren angestoßene Kompetenzdebatte und die in den 90iger Jahren einsetzende Umgestaltung der Lehrpläne entlang von Lernfeldern hat diese Fokussierung weiter gefestigt. Mit der Ausrichtung auf berufliche Handlungen, übergeordnete Arbeits- und Geschäftsprozesse sowie Kundenorientierung unterscheidet sich die gewerblich-technische Berufsbildung auch von der technischen Allgemeinbildung. Dort nehmen die sozioökonomischen Bezüge der Technik neben den funktionellen Aspekten eine bedeutendere Rolle ein.

Didaktisch-methodische Konturierung technisch-beruflicher Bildung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts: Das gewerbliche Schulsystem mit seinen verschiedenen Säulen hatte sich bis zum ersten Drittel des 20. Jahrhunderts relativ klar ausdifferenziert. Schütte & Gonon (2004, S. 1006ff.) weisen darauf hin, dass dem in Fach-, Fortbildungs- und Berufsschulen erteilten Unterricht ein jeweils eigenständiges didaktisches Verständnis von technischer Fachbildung zugrunde lag. Insofern ist auch zwischen einer Fachschul-, Fortbildungsschul- und Berufsschuldidaktik und ihren wichtigsten Protagonisten zu unterscheiden. Konstitutiv für jede Art technischer Fachbildung ist eine Kopplung von systematischem und kasuistischem Lernen. Schütte und Gonon unterscheiden jedoch drei grundsätzliche Modelle: Beim Additions-Modell der Fachschule dominiert ein klares Nacheinander von Theorie und Praxis, eine praktische Vorbildung wird zudem vorausgesetzt. Das Diffusionsmodell der Fortbildungs- und vor allem der Berufsschuldidaktik setzt idealtypisch auf die Vorstellung der wechselseitigen Durchdringung von Theorie und Praxis in Form eines Gleichlauf-Curriculums. Die verkürzte Theorie hat die Praxis didaktisch zu reflektieren und fachsystematisch zu durchdringen. Das Partizipationsmodell der Technischen Hochschulen blendet dagegen traditionell die Praxis aus, im Vordergrund steht die Wissenssystematik. Ohne im Einzelnen auf die jeweiligen Richtungen näher einzugehen, soll mit der Darstellung verschiedener Ausbildungsaspekte nun ein Einblick in Umfang und Qualität didaktisch-methodischer Entscheidungen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ermöglicht werden.
Quellen, die in diesem Zusammenhang Aufschluss ermöglichen, sind entsprechende Gesetze, Verordnungen oder Erlasse. Ein Beispiel sind die 1911 in Preußen erlassenen Bestimmungen über die Einrichtung von Fortbildungsschulen und ihre Lehrpläne. In den Lehrplanbestimmungen (hier zit. nach Pahl 2009, S. 72) für den jährlich ca. 240 Stunden dauernden und auf 40

Wochen zu verteilenden Unterricht finden sich allgemeine Grundsätze, die darauf hinweisen, dass „tunlichst von den Verfahren der Werkstatt auszugehen“ ist „und nach Möglichkeit einfache Versuche, Proben, Modelle, Skizzen usw. zu verwenden“ sind. Als Anknüpfungspunkte werden „Geschäftsvorfälle des Gewerbebetriebs“ und der Anschluss an das regional „Nächstliegende“ genannt. „Rohstoffe und Arbeitsvorgänge“ sollten inhaltlich „nur kurz behandelt“, Geschäfts- und Bürgerkunde in den „Mittelpunkt des Unterrichts“ gestellt werden.
Auch der an den technischen Schulen ausgerichteten Literatur können didaktisch-methodische Positionen entnommen werden. Beispielhaft soll hier auf Carl Georg Weitzel und seine „Pädagogik für Technische Lehranstalten“ aus dem Jahr 1908 hingewiesen werden. Als angemessene Lehrverfahren werden dort Vortrag und Diktieren genannt. Der Lehrer wird zudem aufgefordert, seinen Unterricht mit Modellen, Apparaten, Skizzen und Abbildungen anregend und verständlich zu gestalten, Exkursionen zu Baustellen oder Fabriken zu unternehmen und die Laboratorien und Lehrwerkstätten zu nutzen. Die Einrichtung von Lehrwerkstätten wird als relativ neue Entwicklung beschrieben. Ihr Nutzen wird vor allem im Verständnisaufbau für die Beziehungen zwischen Werkstoff, Form und Arbeitsmethode gesehen. Gefordert wird außerdem die Einrichtung eines Lesezimmers, in dem Schüler Neuerungen in entsprechenden Fachzeitschriften nachverfolgen können (Weitzel 1808, S.69ff.).
Seitens des bereits erwähnten Deutschen Ausschusses für das technische Schulwesen (DATSCH) gab es ebenfalls didaktisch-methodische Impulse für den Bereich der technischen Berufsausbildung. Der Ausschuss beschränkte sich nicht allein auf die Definition von Ordnungsmitteln, sondern entwickelte nach dem Ersten Weltkrieg in Zusammenarbeit mit Großunternehmen die bereits angesprochenen Ausbildungsmittel in Form von Lehrgängen. Die Konzepte, zum Beispiel für Maschinenschlosser, Schlosser oder Schmiede konnten unmittelbar in der Ausbildungspraxis eingesetzt werden (Benner 1987, S. 272). Sie eigneten sich zudem nicht nur für den Einsatz in betrieblichen Lehrwerkstätten, sondern auch in Schulen. Zusätzlich entstanden Fachbücher, Merkblätter, Lichtbilder sowie sogenannte „Falsch-und-Richtig-Tafeln“ (Herkner 2008, S. 77).
Das Spektrum methodischer Möglichkeiten an den Schulen wurde in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch den Rundfunk erweitert. Ein Dokument von 1929 belegt, dass auch von höherer Stelle auf entsprechende geeignete Sendungen hingewiesen wurde. In dem Schriftstück werden die Direktoren von Baugewerkschulen auf Sendungen hingewiesen, die von „neuzeitlicher Gestaltung der Konstruktionen“ und „Förderung wirtschaftlicher Bauausführung“ handelten (Schütte 2003, Dokument 61). Dass der an den Fachschulen übliche und am akademischen Betrieb angelehnte Vortragsstil auf Kritik stieß, zeigen „methodische Richtlinien“, die vom Preußischen Minister für Handel und Gewerbe 1927 erlassen wurden. Danach sollte der Unterricht interaktiver werden und nach den Erkenntnissen der Reformpädagogik gestaltet werden (Schütte 2003, Dokument 83). Neben umfänglichen Hinweisen zur Gestaltung eines lehrerzentrierten Unterrichts wird in diesen Erlassen auch auf die Verwendung von Lichtbildern hingewiesen und vielseitiges Üben angemahnt. Des Weiteren sollen Konstruktionen an der Tafel entwickelt und nicht bereits als fertige Tatsachen dargeboten werden.

Paradigmenwechsel an beruflichen Schulen – von der Fachsystematik zur Handlungssystematik: Die zentrale Aufgabe von Ausbildung und Berufsschule ist die Heranführung des Auszubildenden an die technischen und wirtschaftlichen Erfordernisse eines bestimmten Berufs sowie die gleichzeitige Entwicklung nicht unmittelbar berufsbezogener, aber gesellschaftlich als notwendig erachteter Dispositionen. Wie dieser Aufgabe entsprochen werden kann, ist eine immer wieder relevante Fragestellung, mit der sich die Berufspädagogik auseinandersetzt.
Bis in die 60er Jahre dominierte die Auffassung, dass eine Verbindung zwischen instrumentell-technischen Fähigkeiten sowie moralischen und politisch-praktischen Orientierungen diesem Ziel am ehesten entsprechen könne. Die Lerninhalte dafür sollten allein aus der Erfahrungswelt

der Schüler stammen („Kunde-Prinzip“). Eine vorschnelle Übernahme wissenschaftlicher Erkenntnisse wurde dagegen abgelehnt (Eckert 2003, S. 171). Die Grundlage für diese Konzeption ist in der Arbeitsschulidee Georg Kerschensteiners zu sehen.

Wichtige Impulse für Reformen im beruflichen Schulsystem kamen ab den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts aus der Qualifikationsforschung. Hier sah man sich der Vorstellung verpflichtet, dass das Qualifikationsniveau entweder vom technischen Wandel bestimmt wird (technologischer Determinismus) oder vom Kapitalverwertungsprozess (ökonomischer Determinismus) (Rauner 2006, S. 58f.). Die Berufsbildungspraxis sollte sich danach ausrichten, indem sie sich mehr dem wissenschaftlichen Wissen und seiner Fachsystematik zuwendet. Ab Mitte der 80er Jahre läutete die Qualifikationsforschung einen Paradigmenwechsel in der Sichtweise der Facharbeitertätigkeit ein. Entdeckt wurde der Facharbeiter neuen Typs, der nicht mehr nur produktionsbezogene „Herstellungsarbeit“ verrichtet, sondern indirekte, planende, steuernde und kontrollierende Tätigkeiten ausführt (Baethge & Baethge-Kinsky 2006, S. 167). Befördert durch den internationalen Qualitätswettbewerb und den herrschenden Rationalisierungsdruck sowie durch gewerkschaftliche Einwirkungen, kam es in den Unternehmen zu arbeitsorganisatorischen Veränderungen. Sie führten auch zu einer Reflexion der Berufsbildungspraxis. Neben die bisher dominierende Funktion der Anpassungsqualifizierung trat nun der Gedanke, dass die Gestaltbarkeit von Arbeit und Technik mehr als bisher ein Leitmotiv beruflicher Ausbildung werden sollte. Der Terminus „Gestaltungskompetenz“ wird im Abschlussbericht „Zukünftige Bildungspolitik – Bildung 2000“ von der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages ausdrücklich auch für die Technische Bildung gefordert. Dass Anspruch und Wirklichkeit hier allerdings nach wie vor auseinanderklaffen, bringt Felix Rauner (2006, S. 63) – ein Verfechter der Gestaltungskompetenz – zum Ausdruck, wenn er die reduktionistische Auffassung beklagt, die im Bereich der Berufsbildung so wenig Raum lässt, um Technik als gesellschaftlichen und historischen Sachverhalt zu betrachten. Für eine offenere Auseinandersetzung mit Arbeit und Technik müsste seiner Meinung nach die dominierende Perspektive von Betrieb und Facharbeit überwunden werden. Nicht die Facharbeit selbst bietet die Möglichkeit der Technikpartizipation, sondern der Einzelne in seinen Rollen als Staatsbürger, Wähler oder Mitglied in einer politischen Partei (ebd., S. 66).

Globalziele beruflicher Bildung sind heute der Aufbau beruflicher Handlungsfähigkeit und Handlungskompetenzen. Die Grundlage dafür wird im Aufbau von Arbeitsprozesswissen gesehen. „*Arbeitsprozesswissen ist das Wissen um die Momente des Arbeitsprozesses: Ziel der Arbeit, Arbeitsgegenstand, Werkzeug oder Arbeitsverfahren und Form, die dem Arbeitsgegenstand aufgeprägt werden soll*“ (Röben 2000, S. 243). Ob die anstelle der früher präferierten Werkstückorientierung neuerdings praktizierte Geschäfts- und Arbeitsprozessorientierung im technischen Unterricht der Berufsschulen der Forderung nach technischer Gestaltungskompetenz gerecht wird, darf kontrovers diskutiert werden. Mit dem engen inhaltlichen Fokus auf berufliche bzw. betriebliche Handlungssituationen und ihren jeweiligen Anforderungen bleibt das Verhältnis zwischen beruflicher Bildung und dem Anspruch technischer Bildung zumindest erklärungsbedürftig. Ein über den rein beruflichen Bereich reichender Gestaltungsanspruch wird wohl nur dann eingelöst werden können, wenn einerseits dem Verstehen und Nacherfinden von Technik Raum gewährt wird, andererseits Rekonstruktion und Gestaltung der Technik im größeren Zusammenhang sozialer und politischer Verantwortung thematisiert wird (vgl. Eckert 2003, S. 176). Dass für einen Durchbruch der Gestaltungsorientierung erst noch Akzeptanzprobleme zu überwinden sind, darauf weist Pahl (2003, 68) hin. Dabei sieht sich der berufsschulische Unterricht sowieso mit der schwierigen Aufgabe konfrontiert, Informationen über produktionsrelevante Technik sowie die dazugehörigen Arbeitsprozesse als geeignete „didaktische Anker“ für schulische Lernprozesse zu erfassen.

Inhaltlich wie methodisch führt die didaktische Ausrichtung an Arbeitsprozessen zu einer Komplexitätserweiterung, die in „traditionellen Fächern“ wie Fachtheorie, Fachrechnen oder Fachzeichnen nicht mehr abgebildet werden kann (Lipsmeier 2006, S. 281). An ihre Stelle rückten

seit Mitte der 90iger Jahre an exemplarisch ausgewählten beruflichen Handlungsfeldern orientierte Lernfelder. Aufgabe des Lehrers ist es nun, diesen Lernfeldern mittels Lernsituationen und Lernaufgaben eine inhaltlich-methodische Struktur zu verleihen. Im Mittelpunkt des beruflichen Unterrichts steht somit nicht mehr die an wissenschaftlichen Erkenntnissen orientierte Fachsystematik, sondern die an konkreten Arbeitsprozessen und Arbeitsaufgaben orientierte Handlungssystematik.

Methoden in der gewerblich-technischen beruflichen Bildung: Eingelöst werden soll der Aufbau von beruflicher Handlungsfähigkeit, Handlungskompetenz und Arbeitsprozesswissen in beruflichen Lernarrangements, die auf Selbststeuerung, Handlungsorientierung und besonders auch auf Erfahrungsorientierung basieren. Während die handwerkliche Ausbildung aufgrund ihrer arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen von jeher eine Verbindung von Arbeiten und Lernen ermöglichte, mussten für die Erfahrungsorientierung in der industriellen Ausbildungsrealität erst wieder Orte definiert werden. Neben die zentralen Lernorte (Ausbildungswerkstatt und Lernfabriken) rückten damit dezentrale Lernorte wie Lerninseln oder Lernstationen im Produktionsbereich ins Blickfeld und wurden didaktisch-methodisch neu erschlossen (s. dazu Dehnbostel 1996; Bittmann & Novak 1996).
An den unterschiedlichen betrieblichen und auch schulischen Lernorten kommen heute neben den einfachen Unterweisungsverfahren (Vormachen, Nachmachen, Üben) sowie den seit den 20er Jahren üblichen Lehrgängen, eine ganze Reihe anderer Methoden zum Einsatz. Dazu zählen Verfahren wie die Leittextmethode oder das Projekt sowie arbeitsplatzbezogene Formen des Lernens wie Qualitätszirkel und Lernwerkstatt (vgl. Schelten 2005, S. 138ff.). Mit der Digitalisierung der Arbeitswelt einerseits und der Lehr- und Lernmittel andererseits steht das Duale System inhaltlich und methodisch vor neuen Herausforderungen.

2.3.3 Konturen und Entwicklung einer allgemeinbildenden technischen Bildung

Der Neuhumanismus hatte die Idee, das Kind könne anders als über die Auseinandersetzung mit verbalisierbaren Lerninhalten an Reife gewinnen, mehr oder weniger verworfen. Dem zweckhaften Tun wurde das scheinbar höherwertige zweckfreie Handeln gegenübergestellt. Schulreformerische Ansätze, die dem motorischen Lernen mehr Potential zubilligten als bloße Leibesertüchtigung oder vertiefende Anschauung des theoretisch Gelernten, taten sich daher schwer. Für eine wie auch immer geartete technische Bildung stellte dies eine schwere Bürde dar, kommt sie doch kaum ohne Praxis, Poiesis und Kineses aus. Die Trennung in ein allgemeinbildendes und ein technisch-berufliches Schulsystem verfestigte das zerrüttete Verhältnis von Bildung und Technik weiter. Dafür, dass technische Bildung in allgemeinbildenden Schulen doch wieder Fuß fassen konnte, sind verschiedene Strömungen verantwortlich. Eine davon ist das Werken, das sich ebenfalls erst aus verschiedenen Zuflüssen konstituieren musste.

Werkunterricht – Ergebnis verschiedener pädagogischer Strömungen: Handfertigkeits- und Zeichenunterricht, Kunsterziehungsbewegung und Arbeitsschulidee sind die verschiedenen Traditionen des Werkunterrichts, über den technische Bildungsinhalte letztlich auch die allgemeinbildenden Schulen wieder erreichten. Der Werkunterricht integrierte diese Bildungsintentionen, oszillierte dabei allerdings zwischen den verschiedenen Strömungen. Zur jeweils aktuellen Technik konnte er didaktisch oder methodisch damit nicht aufzuschließen.
Nach der Aufnahme von Elementen der Bauhauslehre hatte der Werkunterricht seine inhaltliche Konzeption im Wesentlichen erreicht. Sie folgte dem Kunstunterricht und dominierte bis in die 60er Jahre an verschiedenen Schularten. In Reinform am ehesten am Gymnasium, in abgeschwächter Form aber auch an Real- und Hauptschulen (vgl. Biester 1968, S. 12).

Der bereits hundert Jahre bestehenden Industriekultur, mit ihrer funktionalen und arbeitsorganisatorischen Struktur sowie ihrem naturwissenschaftlich-technologischen Fundament näherte sich das allgemeinbildende Schulwesen erst im Zuge der Bildungsreformen der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts wieder an. Eine Ausnahme bildete die polytechnische Bildung in Ostdeutschland.

Handfertigkeitsunterricht

Ein Anknüpfungspunkt für allgemeinbildende Schulen, der materiellen Kultur und dem zweckbezogenen Handeln mehr Raum zu geben, lag besonders zum Ende des 19. Jahrhunderts in dem international propagierten Handfertigkeitsunterricht. Etliche prominente Pädagogen hatten ja bereits umfangreiche theoretische und praktische Vorarbeiten unternommen, um die enge Beziehung zwischen manueller Tätigkeit und Persönlichkeitsentwicklung herauszuarbeiten (vgl. Wessels 1969, S. 12ff.). Im Erziehungsroman „Emile“ von Jean Jaques Rousseau (1712-1778) finden sich beispielsweise Hinweise darauf, wie sich in Folge kindlichen Entdeckungsdrangs handwerkliches Tun und technisch-naturwissenschaftliche Erkenntnis gegenseitig befruchten können. Auch bei Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827) tritt mit der bildungswirksamen Dreieinheit von Kopf, Herz und Hand der Nukleus aller werkdidaktischen Ansätze klar hervor. Selbst das bei Friedrich Fröbel (1782-1852) propagierte Spiel und die von ihm betonte Lust am Werkschaffen lassen sich für werkdidaktisches Denken vereinnahmen.

Es herrschte also kein Mangel an Konzepten, wie der dem Menschen eigene Handlungs-, Bewegungs- und Schaffensdrang Bildungszwecken dienstbar gemacht werden könnte (vgl. Freihofer 1862)[17]. Der Fokus der vorhandenen Konzeptionen zum Handarbeits- oder Handfertigkeitsunterricht lag – entsprechend der neuhumanistischen Tradition – indes weniger auf der technischen Gestaltungskompetenz, sondern vielmehr auf der allgemeinen Persönlichkeitsbildung. Eine flächendeckende Einführung des Handfertigkeitsunterrichts scheiterte jedoch an verschiedenen Punkten. Einer davon bestand in den Kosten für Werkzeuge und Werkstätten, ein anderer in der Ablehnung der Lehrerschaft, der ein solcher Unterricht eindeutig gegen das vorherrschende Bildungsideal gerichtet schien (vgl. Sachs 1988, S. 8). Dort wo der Handarbeits- und Handfertigkeitsunterricht in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an den Volksschulen realisiert wurde, besaß er einen stark disziplinarischen Charakter. Oberliesen, Plickat & Wiemann (1996) charakterisieren ihn als „[…] *paramilitärisch strukturierte Lehrgänge und schematisch formalisierte Reproduktionen von Mustervorlagen*“ im Dienst der Untertanenerziehung.

Die Intentionen für den Handfertigkeitsunterricht waren indes nicht ausschließlich pädagogischer Natur, ins Feld geführt wurden auch ökonomische Argumente. Für eine Öffnung besonders der Volksschule in Richtung Handwerk und Industrie sprachen unter anderem die Ergebnisse der Weltausstellungen in Wien und Philadelphia 1873 und 1876, bei denen deutsche Produkte nicht gerade brillierten. Die Volksschulen sollten durch eine Integration der Handarbeit ihren Teil zur Belebung des Gewerbes beitragen. Zudem wurde ein solcher Unterricht mit der Öffnung der Schule in Richtung Arbeitswelt begründet. Die Schüler sollten so frühzeitig an Geschicklichkeit und körperliche Arbeit gewöhnt werden. Argumentiert wurde außerdem, dass motorisches Handeln eine lernförderliche Wirkung für naturwissenschaftliche Fächer habe. Zudem setzte sich die Auffassung eines engen Zusammenhangs zwischen motorischer Erfahrung

[17] „*Wie da Auge, das Ohr und der Mund, so ist auch die Hand ein Werkzeug des menschlichen Geistes, durch welches dessen Wille vollzogen und die mannigfaltigsten Tätigkeiten ausgeübt «erden. Ohne ihren Dienst könnte der Geist selbst nicht zur vollen Entfaltung seines Wirkens gelangen. Ja die Hand giebt leinen geringen Beitrag zur Wirkung und Stärkung der Kräfte und Sinne des Geistes selbst. Durch ihre Arbeit bildet sich das Gefühl aus bis zu einem hohen Grade der Feinheit, schärft sich der Blick bis zur genauesten Warnehmung und Unterscheidung und gewinnt selbst das Gehör in Bezug auf Ton und Zeitmaß. (Man denke an Hämmern, Sägen, Dreschen, Trommeln.) Durch Handhabung der verschiedenartigen Dinge lernt der kindliche Geist allmählich aber sicher die Natur der Dinge selbst, ihre Gestalt, ihre Wirkungen, ihr gegenseitiges Verhältnis und das Einwirken des einen auf das andere erkennen, und zwar weit anschaulicher und genauer als durch Beschreibungen oder durch Anschauung in Bildern oder bloß theoretisches Betrachten der Sachen.*“ (Freihofer 1862, S. 260)

und Gehirnentwicklung durch. Eine gewisse Vorreiterrolle in Bezug auf pädagogische Konzepte praktischer Unterrichtsgestaltung übten die skandinavischen Länder aus, über die wichtige Impulse für den Handfertigkeitsunterricht nach Deutschland zurückkamen (Wessels 1969, S. 19).
Für Deutschland unterscheidet Wilkening (1970, S. 60) drei Phasen der Knabenhandfertigkeitsbewegung: Die Übernahme der im Ausland vorgebildeten Formen des Handfertigkeitsunterrichts in der Frühphase. Die Ausbildung einer deutschen Form des Handfertigkeitsunterrichts, der „Leipziger Methode", die in Schülerwerkstätten neben der Schule praktiziert wurde.[18] Zuletzt die Einführung der Handarbeit als Unterrichtsprinzip unter der Bezeichnung „Werkunterricht" an den Schulen. In den 20iger Jahren des 20. Jahrhunderts war der Werkunterricht mehr oder weniger flächendeckend eingeführt.
Inhaltlich blieb der Werkunterricht ausschließlich handwerklich orientiert. Damit blieb die Chance vertan, Technik und Produktion in ihren wissenschaftlichen, technisch-praktischen und gesellschaftlichen Dimensionen ausreichend zu thematisieren (Sachs 1988, S. 9). Die Gründe hierfür lagen u.a. im Mangel an personellen oder finanziellen Voraussetzungen, vor allem aber daran, dass ein eigenständiger Bildungsauftrag technischer Bildung gesellschaftlich gar nicht vorhanden war. Schlagenhauf (1988) zeigt dies am Beispiel von Johannes Kühnel auf. Dieser hatte in seinen Arbeiten im ersten Viertel des 20sten Jahrhunderts – ganz in der Tradition Gaudigs – zwar eine stärkere Berücksichtigung handlungs- und problemorientierter Phasen für die bereits von ihm propagierte Technische Bildung eingefordert, sich aber letztlich auch nicht dem handwerklich verengten Konzept des Handfertigkeits- bzw. Werkunterrichts mit seiner Dienstfunktion für die Schule oder für andere Fächer entziehen können.

Arbeitsschulbewegung
Die aus der Kritik an der im 19. Jahrhundert vorherrschenden Buch- oder Lehrerschule herrührenden unterschiedlichen Ansätze der Reformpädagogik steuerten der Idee des Werkunterrichts den Arbeitsschulgedanken bei. Dessen Anliegen kann zusammenfassend mit drei Aspekten skizziert werden: Erstens die Berücksichtigung der praktischen Arbeit als pädagogisches und methodisches Element zur Überwindung rein rezeptiver Unterrichtsformen, zweitens die Auswahl von lebensnahen Lehrinhalten, u.a. auch orientiert an beruflichen Anforderungen und drittens die Betonung des Zusammenhangs zwischen praktischer Tätigkeit und geistig-sittlicher Entwicklung sowie staatsbürgerlichem Verhalten (vgl. Flintner 2001, S. 77ff.).
Anders als es das Zeitalter der Maschine hätte vermuten lassen, orientierte sich der den Arbeitsschulkonzepten unterlegte Arbeitsbegriff jedoch nicht an der industriellen Arbeit, wie sie Karl Marx 1866 (S. 194) mit seiner Idee der polytechnischen Bildung vorschwebte.[19] Bestimmend wurde vielmehr ein vormoderner, handwerklich und künstlerisch orientierter Begriff von Arbeit. „*Nicht die Öffnung der Schule zur industriellen Produktion, wurde als das entscheidende bildungstheoretische Moment gesehen, sondern die Hereinnahme von Arbeitselementen in die Schule*" (Uhlig 2004, S. 20). Die inhaltliche Orientierung an den Realitäten der industriellen Arbeitswelt musste daher zugunsten der Schulung allgemeiner in der Berufswelt notwendiger Arbeitstugenden zurücktreten.
Die Vertreter der Arbeitsschulidee scheinen – wie Theodor Litt (1961, S. 69) bemerkt – der humanistischen Bildungstheorie mehr als zunächst vermutet verhaftet gewesen zu sein. Zwar

[18] Woldemar Götze, ein Gymnasiallehrer in Leipzig, war der Initiator für Lehrerkurse, in denen diese mit den Inhalten und Methoden des Handfertigkeitsunterrichts vertraut gemacht werden sollten. Sie wurden zu einer festen Einrichtung und führten 1887 zur Gründung einer Lehrerbildungsanstalt für Knabenhandarbeit. Die Leipziger Schülerwerkstatt und die Lehrerbildungsanstalt wurden unter der Leitung Götzes zur Keimstätte der „Leipziger Methode". Der Handfertigkeitsunterricht dient ihm zur Ergänzung der formalen Geistesbildung. Inhaltlich ist der Unterricht in vier grundlegende Arbeitszweige unterteilt. 1. Papier- und Papparbeit für die kleineren Knaben, 2. Holzarbeit für die mittlere Altersstufe, 3. Metallarbeit für die älteren Schüler, 4. Modellieren in Ton und Plastilin für die ästhetische Schulung in allen Altersstufen, die eine allgemeine handwerkliche Bildung beabsichtigten und durch Auswahl der Werkverfahren und Materialien eine altersstufengemäße Anordnung im Lehrplan ermöglichen sollten (Wilkening 1970, S. 68f.).

[19] Die Seitenzahl bezieht sich auf: Marx, K., & Engels, F. (1971). Werke Band 16. Berlin: Dietz Verlag

betonten sie den Bildungswert der manuellen Arbeit und der sinnlichen Erfahrung, maßen diese aber vorrangig an in ihrer Bedeutung für die innere Ausformung des Menschen. So bleibt dann auch ein Georg Kerschensteiner (1854-1932), der als Münchner Stadtschulrat die Einführung des Werkunterrichts in den 8. Jahrgangsstufen der Volksschulen und später auch in den ersten Schuljahren durchsetzen kann, allein bei der bereits bei Goethe so geschätzten handwerklichen Arbeit stehen und negiert die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Realitäten der industriellen Arbeitsordnung (vgl. Wehnes 1964a, S. 135). Kerschensteiner sieht keinen Bedarf für eine Bildung, die sich die kreative Gestaltung der Moderne zum Ziel setzt. Er dringt damit weder zum Bildungswert der Technik vor, noch beabsichtigt er die Bildung zur Technikkritik (vgl. hierzu auch Stratmann 1999, S. 650; Konrad 2012, S. 54f.). Die Schwächen der Arbeitsschulidee wurden indes schon von den Zeitgenossen wahrgenommen. Sie monierten, dass es sich hier um eine kritiklose Idealisierung der Arbeit an sich handele, die aufgrund der Verbürgerlichung der Arbeitsschulidee kein emanzipatorisches Moment in sich trage, wie es beispielsweise Marx intendiert habe. Zudem sei die Arbeitsschulidee ungeeignet für eine Vorbereitung auf die Bedingungen, unter denen produziert werde. Es bestehe vielmehr die Gefahr bloßer mechanischer Spielerei ohne Berücksichtigung der gesellschaftlichen Bedingungen der Wirtschaftsorganisation (Uhlig 2004, S. 21f.).

Zeichenunterricht

Das etwa ab Ende der 20iger Jahre des letzten Jahrhunderts mit dem Werkunterricht zusammenfallende Fach Zeichnen hat eine lange Tradition. Sie lässt sich bis zum Zeitalter der Aufklärung und den dort geführten Diskussionen über ästhetische Erziehung zurückführen. Zielsetzungen und Zwecke des Zeichenunterrichts blieben innerhalb dieser Entwicklungsgeschichte allerdings keineswegs nur auf ästhetische Aspekte beschränkt. Wie Diethart Kerbs (1976, S. 35) feststellt, unterlag der Zeichenunterricht ganz unterschiedlichen Intentionen: „*Mal stand er der politisch harmlosen Freizeitbeschäftigung höfischer Adelskreise am nächsten, mal der bürgerlichen Philosophie und Ästhetik, mal der handwerklich-technischen Berufsgrundbildung vom sozialen Abstieg bedrohter Kleinbürgerschichten. Mal sollte er der Hebung des nationalen Gebrauchsgüterexports, mal der Steigerung des individuellen Genuß- und Glücksempfindens dienen, mal eine Jugend der Ideologie der herrschenden Klasse gefügiger machen, mal sie zum Durchschauen von Ideologien befähigen.*“

Auf die zwischen berufsbildenden und allgemeinbildenden Schulwesen verschlungene Entwicklung des Zeichenunterrichts im 19. Jahrhundert weist auch Antonius Lipsmeier (1971) hin. Die im 18. Jahrhundert in manchen Regionen eingerichteten Zeichenschulen sollten zuvörderst dem Gewerbe zuarbeiten. Die Einführung des Zeichenunterrichts an allgemeinbildenden Schulen wie den Volksschulen vollzog sich im 19. Jahrhundert dagegen eher zögerlich. Mit der erstarkenden ästhetisch wie ökonomisch orientierten Kunsterziehungsbewegung kamen zum Ende des 19. Jahrhunderts neue Impulse für das Zeichnen an allgemeinbildenden Schulen. Die Kunsterziehungsbewegung artikulierte sich aus der allgemeinen Unzufriedenheit mit dem Kunsthandwerk bzw. der „Kunstindustrie“ und forderte „*eine möglichst breite kulturelle Trägerschicht innerhalb der Werktätigen und der Konsumenten heranzubilden, eine Schicht mit handwerklich-technischem Geschick und kritischem Urteilsvermögen in Fragen der Kunst*“ (Wessels 1969, S. 23). Als methodisch-didaktische Leitidee vereinnahmt wurde das Zeichnen auch vom handwerklich-technischen Ansatz der Arbeitsschulbewegung (vgl. Kerschensteiner 1904). Die Funktion dort lag bei der verstandesmäßigen Durchdringung der sachlichen Welt über die konzentrierte „Anschauung“ der Form.

Mit den reformpädagogischen Ansätzen zu Beginn des 20. Jahrhunderts entfernte sich der Zeichenunterricht indes zunächst von den traditionellen Bahnen und damit auch vom eher technisch orientierten Abbilden und Vorausdenken. Das „Zeichnen nach der Natur“, das Freihandzeichnen aufgrund von Beobachtungen, später dann das Zeichnen als „Ausdruck der Gefühle“ lenkten den Blick des Zeichners mehr und mehr ins Imaginäre. Pädagogisch wurden damit neue

Türen aufgeschlossen, weil nun eingeräumt wurde, dass das Kind über eigene Ausdrucksweisen und ästhetische Empfindungen verfügt (vgl. Flintner 2001, S. 62).
Dem Zweck der Technik, Bedürfnisse konkret und konstruktiv zu erfassen wird das künstlerische Zeichnen mit seinem stilistisch gefärbten Nachvollzug der Realität oder der Verbildlichung der Gefühlswelt freilich kaum gerecht. Während man dem Skizzieren in technischer Absicht noch Parallelen zum künstlerischen Zeichnen unterstellen kann, weil hier Körper und Geist ganz beisammen sind und die Skizze aus der „Innen-Außen-Verschränkung herausgestikuliert“ wird, wie Ulrich Glotzbach Lindemann (2013, S. 118) bemerkt, verlangt die Technische Zeichnung nach geometrischen Axiomen, normierter Anschaulichkeit, sachlicher Objektivität und zweckbezogener Vereinfachung.

Methodik des Handfertigkeits-, Werk- und Zeichenunterrichts: Bei dem sich im Lauf des 19. Jahrhunderts etablierenden Zeichenunterricht überwog methodisch das Nachzeichnen nach vorgegebenen geometrischen Figuren, Gipsmodellen oder nach den auf Vorlageblättern abgebildeten Gegenständen (näheres zu den einzelnen Methoden bei Weishaupt 1867).
Die für den Handfertigkeitsunterricht in Deutschland tonangebende „Leipziger Methode“ sah eine Dreiteilung des Unterrichts vor: In der ersten Phase, der Anschauung oder Darbietung, sollte das zu erarbeitende Artefakt je nach Niveau entweder anhand eines Modells oder einer Werkzeichnung besprochen werden. Dabei sollten Teile, Form, Abmessungen und Materialbeschaffenheit ins Bewusstsein gerufen werden, sodann sollte in der zweiten Phase die Herstellung im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch geklärt werden. In der dritten Phase sollte das Gelernte zur Anwendung kommen, der Schüler den Gegenstand also abschnittsweise fertigen. Die besonderen Umstände des Klassenunterrichts machen eine Anpassung der handwerklichen Methode der Einzelunterweisung erforderlich. Dies wird durch die Demonstration der notwendigen praktischen Handgriffe durch den Lehrer vor der Klasse sowie durch „innere Differenzierung“ gelöst. Damit sind Nebenarbeiten oder Arbeiten mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad gemeint (Wilkening 1970, S. 80ff.). Nur langsam wird vom Prinzip der vollständigen Reproduktion abgerückt und dem Schüler mehr Planungsfreiheit zugebilligt, beispielsweise indem ihm bei der Anfertigung von Werkzeichnungen mehr Optionen bei der Wahl konstruktiver Details eingeräumt werden.
Streng an vorgegebenen Aufgaben ist auch Kerschensteiners Konzept des Arbeitsunterrichts orientiert. In den ersten Klassen dominieren Holzarbeiten, die teilweise auch projektartig betrieben werden können. In der 8. Jahrgangsstufe findet der Arbeitsunterricht fünfstündig statt und setzt auf Holz- und Metallarbeiten, die durch Übungen im Werkzeuggebrauch an Probestücken vollzogen werden. Ausgangspunkt ist die Werkzeichnung eines jeden Übungsstückes. Nicht die Bearbeitungstechnik an sich, sondern das maßgenaue Arbeiten ist das Ziel des Unterrichts. Der den technischen Werkprozess eigentlich auszeichnenden Zusammenhang zwischen Zwecksetzung und Mittelfindung bleibt dabei nach Ansicht Wilkenings (1970, S. 109) allerdings ebenso auf der Strecke, wie der Freiraum für Kreativität und Phantasie.

Verbindung von Kunst, Handwerk und Industrie – Werkbund und Bauhaus als Ansatz für technische Bildung? Das ausgehende 19. Jahrhundert beziehungsweise der Beginn des 20. Jahrhunderts war eine Zeit wirtschaftlicher Blüte und rasanter industriekapitalistischer Entwicklung. Zeitgleich formierten sich verschiedene lebensreformerische und kulturkritische Bewegungen, etliche davon in ideologischer Distanz zum „Zeitalter des Fortschritts und der Industrie“, der „Dominanz der Technik“ oder der „Welt der Maschinen“.
Dass so unterschiedliche Bereiche wie Kunst, Handwerk und Industrie unter dem verbindenden Begriff „Gestaltung“ durchaus in einen fruchtbaren Zusammenhang gebracht werden können, zeigte eine weitere Bewegung. Inspiriert durch englische Vorbilder im späten 19. Jahrhundert nahm sie ihren Anfang in der Gründung kleiner Werkstätten, in denen zeitgemäße Produkte

gefertigt werden sollten. Aus der Fusion solcher Werkstätten ging 1907 der „Deutsche Werkbund“ hervor, dem neben Architekten, Industriellen, Schriftstellern auch Politiker angehörten. Ziel war „*[…] die Veredelung der gewerblichen Arbeit im Zusammenwirken von Kunst, Industrie und Handwerk, durch Erziehung, Propaganda und geschlossene Stellungsnahme zu einschlägigen Fragen*“ (zit. nach Droste 1990, S. 12).
Die Einheit von Kunst und Handwerk stand auch im Gründungsmanifest des Bauhauses 1919. Personell mit dem Werkbund verflochten, hatte sich diese Lehreinrichtung der Formgebung im Industriezeitalter verschrieben. Stilfragen, künstlerische Ausrichtung sowie Art und Inhalt der Ausbildung wurden indes maßgeblich von einzelnen, in der Einrichtung arbeitenden und lehrenden Persönlichkeiten beeinflusst. Der Schweizer Johannes Itten (1888-1967) beispielsweise erhob die ganzheitliche Arbeit zum Programm der Bauhausausbildung. Charakteristisch hierfür war eine Überhöhung des handwerklichen Tuns und eine besondere Beziehung zum Werkstoff.[20] Was Itten wohl ganz bewusst als kreativen und künstlerischen Gegenentwurf zur industriellen Fertigung mit ihrer Aufspaltung der Arbeit in einzelne Verrichtungen verstand, deckte sich freilich nur unzureichend mit den Intentionen des Gründers des Bauhauses Walter Gropius (1883-1969). Dessen Absicht war keineswegs eine Belebung des Handwerks, sondern eine künstlerische Beeinflussung des modernen industriellen Fertigungsprozesses (Stelzer 1968, S. 245). Der Ungar Lászlo Moholy-Nagy (1895-1946) und der ehemalige Volksschullehrer Josef Albers (1888-1976) lenkten den Blick dann wieder mehr auf Fragen einer zeitgemäßen industriellen Formgestaltung für Architektur und Wohndesign.
Das von Walter Gropius als Einheit von Kunst und Technik propagierte Konzept, machte eine stärkere didaktische Auseinandersetzung mit der Welt der Maschinen erforderlich. „*Die Schüler besichtigten Fabriken und Handwerksbetriebe, machten sich mit einfachem Werkzeug vertraut und lernten, Material einzeln und dann kombiniert zu verarbeiten*“ (Droste 1990, S. 60). Dass Kunst vom Schaffensprinzip her individuell-subjektiven Abhängigkeiten folgt, technische Gebrauchsgegenstände dagegen objektiven Zwecksetzungen genügen müssen, stellte einen nur zum Teil lösbaren Widerspruch dar, dessen sich auch die Bauhauslehrer mehr und mehr bewusst wurden. „*Vielmehr führten die Lehrerfahrungen am Bauhaus zu der Erkenntnis, daß Kunst und Technik, freies bildnerisches Gestalten und Produktentwicklung wohl in ihrem Ursprung eine Einheit bilden und auf gegenseitige Befruchtung angewiesen sein mochten, daß diese beiden Bereiche jedoch auf Grund ihrer unterschiedlichen Intentionen und Sachstrukturen in einer Lehre didaktisch nicht gleichzeitig bewältigt werden konnten“* (Wilkening 1970, S. 153).

Methodik des Bauhauses: Das didaktische Konzept des Bauhauses sieht Wilkening (1970, S. 154) von zwei Seiten inspiriert: Einerseits von der Arbeitsschulbewegung mit ihrer Zielstrebigkeit und strengen Arbeitsplanung, andererseits von der Kunsterziehungsbewegung mit ihrer Betonung der Freisetzung individueller Gestaltungskräfte. Die Ausbildung selbst war in Phasen unterteilt. In so genannten Vorkursen standen Materialerfahrungen und -übungen im Vordergrund. Gelenkt wird diese Materialerfahrung durch anfängliches Ertasten und Befühlen und später durch die gezielte Freigabe von Werkzeugen. Die Schülerinnen und Schüler sollten so zur eigenständigen Erfindung von Materialbearbeitungsverfahren, Materialkonstruktionen und -verbindungen jenseits traditioneller Lösungen angeregt werden. Beabsichtigt dabei war letztlich immer ein ökonomisch tragfähiges Ergebnis (Wilkening 1970, S. 144ff.). In der zweiten Phase ging es in Spezialwerkstätten um konkrete Produkte. Ausgangspunkt für den Gestaltungsprozess des zu schaffenden Gegenstandes war dessen Wesenserforschung. Damit sollten die Funktionen klar herausgearbeitet werden, wobei nicht nur der Gebrauch, sondern moderne Herstellungsmethoden, Konstruktionen und Materialien berücksichtigt werden sollten. Neben

[20] Im Gründungsaufruf des Bauhauses findet sich der Satz: „Architekten, Bildhauer, Maler, wir alle müssen zum Handwerk zurück.“

der Werkarbeit in den Werkstätten gehörten zum Unterricht am Bauhaus Material- und Gestaltungsstudien, das Werkzeichnen sowie Formen- und Farbenlehre. Zusätzlich wurden Vortragsveranstaltungen über Mathematik, Physik, Chemie, später auch über Soziologie und Arbeitswissenschaft angeboten.

Konzept der polytechnischen Bildung: Die Idee polytechnischer Bildung gründet auf Überlegungen von Karl Marx aus dem Jahr 1866. In groben Zügen skizzierte er polytechnische Bildung, als Vereinigung von Unterricht und produktiver Arbeit.[21] Angesichts des von den Zeitgenossen größtenteils als dichotom empfundenen Verhältnisses von Industrie und Bildung sowie den Erfahrungen mit der Kinderarbeit in Deutschland konnte ein derartiges Konzept jedoch nur als abstraktes Prinzip zukünftiger Bildung aufgefasst werden (Uhlig 2004, S. 19). Im Zuge der Diskussion um die Arbeitsschule wurde der Ansatz jedoch wieder aktuell. Der Russe Pavel Petrovic Blonskij (1848-1941) verknüpfte die reformpädagogische Idee produktiver Arbeit mit der Bildungsidee von Marx nach polytechnischer Erziehung. Das Konzept kann in gewisser Weise als Weiterentwicklung der Ansätze von Dewey und Kerschensteiner betrachtet werden. Arbeit wird auch hier als Medium für die Wesensentwicklung des Menschen gesehen. Bildung und Erziehung vollziehen sich in der Arbeit und durch die Arbeit. Allerdings muss sich schulische Arbeit nach Ansicht Blonskij's auch den wirtschaftlichen Realitäten stellen – und das ist für ihn die industrielle Arbeit. Mit dieser Auffassung grenzte er sich von Kerschensteiner, dem „Ideologen der Handwerks-Arbeitsschule", deutlich ab (Flitner 2001, S. 88). Blonskij's Fazit: Schule muss Lebens- und Arbeitsraum zugleich werden.
Organisatorisch umgesetzt werden kann das in Form einer „kulturellen Arbeitskommune". Hier werden in der ersten Stufe die jüngeren Kinder für alle im Rahmen der Bewirtschaftung der Schule notwendigen Arbeiten eingesetzt, während die älteren Schüler bereits in Werkstätten arbeiten. Als so genannte polytechnische Schule sieht das Konzept einen Wechsel der Jugendlichen zwischen verschiedenen Arbeiten und Technikbereichen vor. Auf diese Weise sollen sie verschiedene Produktionsarten kennenlernen und sich möglicherweise sogar in einem Bereich spezialisieren. Zusätzlich geht es in dieser zweiten Stufe nicht ausschließlich um die industrielle Arbeit in ihrer praktischen Form. Thematisiert werden sollen ferner die wissenschaftlichen, historischen und kulturellen Bezüge der Arbeit.[22]
Während Blonskij's Konzept in seiner ganzen Radikalität weitestgehend Programm geblieben ist, wird polytechnischer Unterricht in der DDR erstmals in den 50iger Jahren flächendeckend eingeführt und 1959 in Form des polytechnischen Schulwesens institutionalisiert (Wehnes 1964b, S. 52). Polytechnische Bildung wird dabei als Bildungskonzept charakterisiert, das der Verbindung von Schule und Leben, von Unterricht und produktiver Arbeit, von Theorie und Praxis sowie einer stärkeren Ausprägung der Verbindung von allgemeiner und beruflicher Bildung verpflichtet ist. Konstitutiv für das Bildungskonzept ist die Auffassung, dass „[…] *Technik kein Gegensatz zur menschlichen Kultur, sondern als geistig-schöpferische Leistung, als praktischer Vollzug und als Gegenstand selbst wesentlicher Bereich menschlicher Kultur ist*"

[21] Karl Marx geschrieben 1866, veröffentlicht 1867, entnommen aus Marx, K. & Engels, F.: Werke Band 16. 1971, S. 194f.: „*Von diesem Standpunkt ausgehend, erklären wir, daß es weder Eltern noch Unternehmern gestattet werden darf, die Arbeit von jungen Personen anzuwenden, es sei denn, sie ist mit Erziehung verbunden. Unter Bildung verstehen wir drei Dinge:*
Erstens: Geistige Erziehung.
Zweitens: Körperliche Erziehung, wie sie in den gymnastischen Schulen und durch militärische Übungen gegeben wird.
Drittens: Polytechnische Ausbildung, die die allgemeinen Prinzipien Produktionsprozesse vermittelt und gleichzeitig das Kind und die junge Person einweiht in den praktischen Gebrauch und die Handhabung der elementaren Instrumente aller Arbeitszweige."

[22] „*Wir gelangen also von der Industrie auf dem Wege über die künstlerische Industrie zur Kunst und dem Verstehen derselben. Den Ausgangspunkt für unser Programm bildet die Struktur jener Gegenstände, an deren Herstellung der Halbwüchsige gerade zu dieser Zeit beteiligt ist: die utilitäre Bedeutung des Gegenstandes und seine Konstruktion; die Proportionalität und die Richtigkeit seiner Herstellung und Formengebung; die künstlerische Ausnützung der Strukturelemente und das möglichst starke Geltendmachen der Schönheiten des verarbeiteten Materials (z. B. das Streichen und Lackieren des Holzes, der Ton und das Polieren des Metalls usw.); allmählich komplizierter werdendes Experimentieren mit entsprechenden Formen, Raumverhältnissen und Farben und das Studium entsprechender Muster; einfache und komplizierte Ornamente und der Zusammenhang derselben mit der Struktur; der Stil; vergleichende Stilgeschichte. So werden wir letzten Endes durch die Stilgeschichte in die Kunstgeschichte eingeführt.*" (Blonskij 1971, S. 19)

(Frankiewicz 1967, S. 56). Zu den Grundprinzipien polytechnischer Bildung zählt es daher, Elemente der Technik und Ökonomie zu vermitteln sowie technische Neigungen, Interessen, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu befördern und so zur Arbeit und Verantwortung zu erziehen. Um dies zu erreichen, ist der Werkunterricht vom ersten Schuljahr an Bestandteil des Lehrplans (Fleßing 1967; Frankiewicz 1967, S. 61). Er gilt als elementarer Bestandteil der polytechnischen Bildung und als wichtige Anschauungsbasis für den Bildungsprozess überhaupt (Klein 1962, S. 75). Nach der 6. Jahrgangsstufe wird der eher auf Handfertigkeiten setzende Werkunterricht abgelöst durch das Fach „Einführung in die sozialistische Produktion“ und durch den dazu in enger Verbindung stehenden Bereich „Produktionsarbeit“. Ursprünglich als ganzer Unterrichtstag in der Produktion geplant, sollten die Schüler hier in zwei bis drei Wochenstunden in Betriebswerkstätten und „polytechnischen Kombinaten“ systematische Kenntnisse und Fertigkeiten in verschiedenen Fertigungsverfahren erwerben.
Gegenstand des allgemeintechnischen Faches „Einführung in die sozialistische Produktion“ ist die Maschinenkunde, die Elektrotechnik, die Technologie und auch die Ökonomie. Der Unterricht wird in der Regel in Unterrichtskabinetten mit Laborcharakter erteilt. In den Jahrgangsstufen 7 bis 9 wird zudem einstündig das Fach Technisches Zeichnen unterrichtet (Frankiewicz 1967, S. 61ff.; Dedering 2000, S. 125ff.). Mit Grundlehrgängen in einzelnen beruflichen Bereichen nimmt die Berufsvorbereitung einen wichtigen Raum ein. Überlegungen, über die polytechnische Bildung an allgemeinbildenden Schulen auch beruflich verwertbare Ausbildungsniveaus zu installieren, mussten jedoch hinter den Anspruch nach Allgemeinbildung sowie Konsolidierung des Grundlegenden zurücktreten (vgl. Schiller 1989, S. 49).
Insgesamt kann der polytechnischen Bildung eine relativ weite Interpretation technischer Bildung attestiert werden. Der Ansatz wurde in Westdeutschland sehr wohl beachtet, fand aber zunächst keine Nachahmung. Konstatiert wurde jedoch von den Zeitgenossen, dass hier eine pädagogische Aufgabe angepackt wird, die jeder Industrienation aufgegeben ist und die in Ostdeutschland deswegen so schnell zu einer Umsetzung gelangte, weil „[…] *es in ihr von Anfang an keine Antinomie gab zwischen Bildung einerseits und Technik und Arbeitswelt andererseits*“ (Wessels 1969, S. 38).
Im Rahmen der ideologischen Auseinandersetzung zwischen Ost und West wurde allerdings auch nicht mit Kritik gespart. Seitens westlicher Autoren wurde dem polytechnischen Modell unterstellt, es handle sich hier um eine Art Verlängerung der kommunistischen Ideologie in den Bereich der Pädagogik. Eine andere Position monierte, dass ein solcher Unterricht im Gegensatz zu den in Westdeutschland (allerdings nur ansatzweise vorhandenen) Konzepten technischer Elementarerziehung auf Kosten der musischen Kräfte ginge und damit eine Entfaltung der zweckfreien und schöpferischen Kräfte behindern würde. Als Belege dafür wurden sowohl die beruflich orientierten Grundlehrgänge, als auch die verfrühte Bezugnahme auf die Produktion ins Feld geführt. Dass alles, so die Meinung, führe von der Intention einer allgemeinen technischen Bildung weg (vgl. Wehnes 1964a, S. 117f. und 168ff.; Wehnes 1964b, S. 53ff.).
Dass dieser durchaus nachahmenswerte Ansatz einer umfassenden technischen Erziehung nach der Wiedervereinigung so schnell und widerspruchslos aufgegeben wurde, gilt manchen bis heute als Sündenfall der Wiedervereinigung. Von einer Bildungskolonialisierung des Ostens kann nach Ansicht von Herrlitz et al. (2005, S. 238) dabei aber nicht gesprochen werden. Die Strategie der Anpassung an das Allgemeinbildungssystem der Bundesrepublik sei vielmehr Folge des Mehrheitswillens der DDR-Bevölkerung gewesen.

Zwischen musisch-ästhetischer und technischer Bildung – der Werkunterricht in der Diskussion: Im Verlauf des 20. Jahrhunderts gab es eine Vielzahl an kulturkritischen Strömungen. Sie fanden verschiedentlich Eingang in pädagogisch orientierte Ideen, Bewegungen und Institutionen (vgl. Tenorth 1988, S. 177ff.). Die Geschehnisse des zweiten Weltkriegs scheinen etliche Pädagogen in ihrer kulturkritischen Haltung noch weiter bestärkt zu haben. Die Fixierung des Werkunterrichts auf eine musisch-ästhetische Ausrichtung beispielsweise lässt sich als eine

Folge davon deuten. So wurde nach dem Krieg wieder an die werkdidaktischen Konzeptionen der 20iger Jahre mit ihrer Fokussierung auf Handfertigkeiten angeschlossen. In bewusstem Gegensatz zur Verwissenschaftlichung und vor allem zur Technik wurde das „Musische" als anti-, vor- oder überwissenschaftlicher Entwicklungsraum in Stellung gebracht. Dem „technischen Werken" wurde das der Ausformung des inneren Menschen dienende „formende Werken" gegenübergestellt (Klöckner 1950, S. 170). Obwohl die Aufgabe, besonders die Volksschüler auf ihre berufliche Zukunft vorbereiten zu müssen, durchaus präsent war (vgl. Steger 1952/1957)[23], spielte eine handwerklich-technische Grundbildung keine große Rolle mehr. „*Nicht die Bewältigung der Funktion, aber auch nicht die Einschulung von Fertigungstechniken, sondern die Formgebung eines Gebrauchsgegenstandes als Ausdruck individueller Gestaltungskraft wird zum eigentlichen Anliegen des musischen Werkens. Notwendige Handfertigkeiten werden im Sinnzusammenhang der Gestaltungsaufgabe erlernt*" (Wilkening 1970, S. 157f.).

Zwar erschwert die föderale Struktur Westdeutschlands eine generelle Einschätzung, Bodo Wessels 1969 (S. 41ff.) charakterisiert die Werkerziehung im Volksschulbereich in den damaligen Bundesländern jedoch folgendermaßen: Eine Ausrichtung am kunstpädagogischen Primat, eine an der Schwierigkeit einzelner Grundwerkstoffe ausgerichtete Förderung von Grundfertigkeiten, generell ein stofflicher Pluralismus sowie die dienende Funktion des Faches gegenüber dem Gemeinschaftsleben der Schule oder für andere Fächer.

Nachdem in den 50er Jahren von verschiedenen Seiten Defizite des westdeutschen Schulwesens festgestellt wurden, kam es zu Diskussionen über Reformen im Schulsystem. Ausgemacht wurden Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler beim Übergang von der Schule in die Arbeits- und Berufswelt, eine unzureichende schulische Beachtung der Praxis industrieller Arbeitsweise, generell eine zu geringe Fokussierung technischer, wirtschaftlicher oder auch politischer Inhalte. Die Auseinandersetzung über werkdidaktische Konzepte blieb davon nicht unberührt. Die schulische Vernachlässigung natur- und technikwissenschaftlicher Erkenntnisse wurde unter anderem auch als Hypothek eines kulturkritisch orientierten Werkunterrichts identifiziert. Moniert wurde etwa, dass konkretes technisches Handeln im Rahmen der vorherrschenden Werklehre auf Bewegungsprogramme reduziert würde und technisches Problemlösen damit ein Produkt des Zufalls bleiben würde. Zudem wurde kritisiert, dass ein allein dem sinnhaften Erleben, der inneren Formung und ästhetischen Bildung verpflichteter Werkunterricht eine Analyse wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Voraussetzungen und Konsequenzen der Technik unmöglich mache. Die Bildungsbedeutsamkeit der Technik wurde aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet und damit der Boden für einen Wettstreit der Konzepte bereitet.

Technische Erziehung, technisches Werken und die Entwicklung der Arbeitslehre: Die Nachkriegszeit war gekennzeichnet durch veränderte gesellschaftliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, durch Strukturwandel, Industrialisierung und die damit verbundene Verschiebung beruflicher Aufgabenzuschnitte. Vor diesem Hintergrund setzte gegen Ende der 50iger Jahre in Westdeutschland eine Diskussion über die Rolle der Schule bei der Vorbereitung auf die Arbeits- und Wirtschaftswelt ein. Im Zuge dessen wurde das Für und Wider technischer Bildung Gegenstand intensiver Erörterungen. Technische Erziehung, schrieb beispielsweise

[23] Georg Steger schreibt im 1. Kapitel seines Buches „Grundlegung des Werkunterrichts" von 1952: „*Wir wollen und dürfen uns deshalb in der Erziehung gewiß nicht ausschließlich der Sachwelt zuwenden und dabei den Menschen und das Menschliche vergessen; es wäre aber doch eine gefährliche Mißachtung unserer Seinsgrundlage, wollten wir gerade der deutschen Jugend in der Enge unseres Raumes nicht auf dem Gebiete der Technik und der damit aufs Innigste verknüpften Handarbeit das nötige Rüstzeug mitgeben.*"

In einem Aufsatz aus dem Jahr 1957 führt Georg Steger auf Seite 339 aus: „*Obwohl wir keine berufliche Ausbildung anstreben, sind wir uns doch stets bewußt, daß die Volksschule nicht „Künstler" auszubilden habe, sondern Bauern, Handwerker und Facharbeiter, deren Hauptbetätigungsfeld dereinst auf dem technischen Sektor liegt." […] „Sofern man sich gegen einen Werkunterricht wendet, der nur technische Aufgaben verfolgt und nur nach Erwachsenenplänen arbeitet, stimmen wir zu. Auch beim „technischen Werken" halten wir die Anregung des kindlichen Erfindergeistes für das oberste Ziel.*"

Werner Linke (1961, S. 199), heißt nicht nur Erziehung zur Technik, sondern auch, einen besinnenden Abstand von der Technik zu gewinnen. Dazu solle an den allgemeinbildenden Schulen durch Schulwerkstätten und Schullaboratorien in Verbindung mit einem entsprechenden theoretischen Unterricht eine „grundlegende technisch-naturwissenschaftliche Bildung“ angestrebt werden (ebd. S. 200).
Besonders für die Volksschule wurden eine generelle Abkehr von vorindustriellen Leitbildern der Allgemeinbildung und eine engere Beziehung zur industriellen Gesellschaft angemahnt.[24] Eine Voraussetzung dafür wurde in der Erweiterung des traditionellen Bildungskanons gesehen, da in ihm nicht mehr alle Wesenszüge und Grundkräfte des modernen Lebens identifiziert wurden (Wehnes 1964b, S. 47). Neben die seit langem praktizierte Vermittlung von Handfertigkeiten und der Auseinandersetzung mit Stoffen und Werkzeugen traten nun zusätzliche Anliegen: Die Einsichtnahme in die Grundstrukturen der technischen Arbeitswelt sowie eine Einführung in das technisch-ökonomische Denken.
Einer der ersten Versuche, eine „technische Elementarerziehung“ zu konzipieren, findet sich bei Martha Engelbert in ihrem Buch „Stoff und Form“ aus dem Jahr 1954. Von der Physik aus machte Carl Schietzel ab 1956 Vorschläge, wie die Technik im Unterricht der Volksschule didaktisch-methodisch gestaltet werden könnte.[25] Im Buch „Technik und Natur“ von 1960 propagiert er die Erarbeitung einer „elementaren Phänomenologie“ des Technischen und Heinrich Abel fordert bereits 1958 ein „technisches ABC“. [26] Die Heranwachsenden sollten mit dem „Grundphänomen des modernen Lebens, mit den Urfunktionen der industriellen Arbeitsvorgänge“ noch vor aller Berufsvorbereitung bekannt gemacht werden. Zugleich sollten auch Grundzüge der Bau- und Funktionsweise der Maschinenwelt vermittelt werden (s. dazu die Ausführungen zu den Ansätzen von Magdeburg, Abel und Engelbert, bei Wehnes 1964a, S. 135ff. oder Wehnes 1964b). Darüber hinaus sollte die industrielle Arbeitsweise auch insgesamt im wirtschaftlichen Ordnungsgefüge betrachtet werden (Wehnes 1964a, S. 176f.).
Der Ort für die Begegnung mit dem Technischen wurde die Sachkunde, die einen an Materialien und Gegenständen orientierten und mit diesen Gegenständen „hantierenden“ Unterricht vorsah. Wilkening (1979, S. 165) moniert später, dass die komplexen Geräte und Maschinen zwar probierend erkundet werden sollten, dies aber letztlich nur zu einer Gerätekunde führen konnte, die ohne Durchführung experimenteller Übungen im vortechnischen Raum stehen bleiben muss.
Um Technik endgültig in den Fokus bildungstheoretischer Diskussionen zu rücken, bedurfte es dann des so genannten „Sputnik-Schocks“ von 1957. Der erste, von der Sowjetunion gestartete Erdsatellit Sputnik offenbarte die vermeintlichen technologischen Defizite des Westens. Eine „technologische Lücke“ wurde dabei auch im Ausbildungsbereich identifiziert und aufgrund dessen unter anderem die vorberufliche Bildung in den Blick genommen. Generell geriet die Debatte um eine Neujustierung des Bildungssystems sehr stark in den Sog vorherrschender industriesoziologischer Lehrmeinungen. Diese sahen eine direkte Abhängigkeit notwendiger Qualifikationsstrukturen von Technisierung und Automatisierung und den dadurch bedingten Organisationsformen in der Produktionsarbeit (Baethge & Baethge-Kinsky 2006, S. 156f.).
Für die allgemeinbildenden Schulen wurde ebenfalls eine Hinwendung zur Arbeitswelt gefordert. Inwiefern die Idee der polytechnischen Bildung dabei die Reformdiskussionen in den 60iger Jahren befördert hat, ist schwer einzuschätzen. Da zentrale Forderungen innerhalb der Reformdebatte aber aufgrund der Einführung der polytechnischen Bildung in den sozialistischen

[24] vgl. dazu auch Picht 1964 (S. 35ff.): „Die deutsche Bildungskatastrophe“.

[25] Schietzels Vorschläge lösten in der Folge eine Diskussion über den Zusammenhang zwischen Naturlehre und Technik bzw. Technologie aus, den Klafki (1967, S. 58f.) kurz skizziert.

[26] Heinrich Abel (1958, S. 561) spricht auch von einem „technisch-ökonomischen Alphabet“ und einer entsprechenden „Syntax“ und meint damit das Erlernen der technischen Sprache (technische Grundbegriffe, Formeln, Symbole) sowie entsprechender Darstellungsweisen (Graphiken, Prinzipskizzen, einfache technische Zeichnungen).

Staaten bereits eine organisatorische Lösung gefunden hatten, kann wohl von einer gewissen Vorbildfunktion ausgegangen werden (vgl. Wilkening 1997).
Noch unbeeinflusst von der späteren Arbeitslehrediskussion bemühten sich Werkpädagogen bereits seit Beginn der fünfziger Jahre um eine stärkere Hinwendung ihres Faches zur Technik (Sachs 1989, S. 143). Zu Beginn der 60er Jahre zeigten die auf Arbeit und Technik ausgerichteten didaktisch-methodischen Konzepte dann eine deutlichere Zugkraft innerhalb der Werkerziehung. Gunter Otto hatte sich bereits ab 1958 in verschiedenen Veröffentlichungen mit der Neuorientierung des Werkunterrichts auseinandergesetzt. Wilkening (1970, S.171) führt des Weiteren Beiträge von Wilhelm Ebert, Karl Klöckner, Otto Mehrgardt, Hartmut Sellin, Gertrud Weismantel und Bodo Wessels an, die zu einer Neuorientierung des Werkunterrichts in Richtung Technik beitrugen. Eine besondere Bedeutung für die Entwicklung von der Werkdidaktik zur Technikdidaktik wird dem 1966 in Heidelberg abgehaltenen Werkpädagogischen Kongress zugebilligt (s. dazu Kaufmann & Meyer 1967).
Hatte sich die Bildungsreformdiskussion in den 60er Jahren zunächst auf alle Schularten bezogen, verengte sie sich sehr schnell allein auf die Volksschule. Dieser Schulart haftete noch das Leitbild der volkstümlichen Bildung an, so dass ihr angesichts der sozio-technischen Entwicklungen besonderer Reformbedarf attestiert wurde. Pädagogen wie Paul Heimann, Walter Schultze, Hans-Hermann Groothoff oder Heinrich Abel plädierten für eine Reform der Volksschuloberstufe und unterstützten den Gedanken einer Arbeits- und Wirtschaftserziehung.
Der ab 1953 mit dem Ziel, Bildungsreformen in der föderalistischen Struktur der Bundesrepublik zu vereinheitlichen, eingerichtete „Deutsche Ausschuss für das Erziehungs- und Bildungswesen“ (DA) verabschiedete 1964 eine Veröffentlichung, in der zum einen „Empfehlungen zum Aufbau der Hauptschule“ und zum anderen ein Gutachten zum beruflichen Ausbildungs- und Schulwesen enthalten war. In den „Empfehlungen zum Aufbau der Hauptschule“ wird eine Arbeitslehre als neue „selbstständige Unterrichtsform“ gefordert. Sie sollte eine „bildungswirksame Hinführung zur modernen Arbeitswelt“ ermöglichen. Die hauptsächliche Funktion wurde darin gesehen, die Schülerinnen und Schülern mit Grundzügen des Arbeitens in der modernen Produktion und Dienstleistung soweit vertraut zu machen, dass diese danach ihre Berufswahl verständiger treffen können (Deutscher Ausschuss 1964, S. 41).
Die inhaltliche und organisatorische Ausgestaltung der Arbeitslehre waren Gegenstand umfangreicher Erörterungen. Sie mündeten in unterschiedlichsten Überlegungen und Konzepten. Inhaltlich und strukturell fanden die berufspädagogischen und werkdidaktischen Ansätze den größten Nachhall.[27] Die berufspädagogischen Positionen sahen eine Integration arbeitsweltlicher Themen in den Unterricht der Hauptschule vor sowie eine Vorverlagerung beruflicher Inhalte zu Zwecken der Berufsorientierung und Berufsvorbereitung. Der Werkunterricht sollte der Arbeitslehre im Rahmen eines Kooperationsmodells mehrerer Fächer die technischen Inhalte beisteuern (Stratmann 1968, S. 70). Über die Rolle der Werkerziehung in Schule und Unterricht bestand allerdings keineswegs Einigkeit. Im Zuge der Auseinandersetzungen über die Fachkonturen musste parallel zum Integrationsproblem Technischer Bildung nun auch noch die Stellung zur Arbeitslehre geklärt werden[28].
Vor dem Hintergrund einer Vielzahl an Dokumenten zu diesem Thema und den letztendlich recht unterschiedlichen länderspezifischen Lösungen lässt sich nicht eindeutig schließen, welches Konzept das andere nun mehr befördert hat: Die Idee der Arbeitslehre die technisch ori-

[27] Zusammenfassende Informationen bei Stratmann (1968); Kaiser (1976b) oder Dedering (2000).

[28] Wolfgang Biester (1968, S. 22) über die verschiedenen Möglichkeiten, den Werkunterricht zu konturieren: „*Auch andere Entwürfe erkennen die Relevanz der Technik an, unterscheiden sich dann allerdings erheblich und reichen von der Auffassung, allein die Technik müsse Sache dieses Unterrichts sein, bis zu der Ansicht, Werkunterricht sei weiterhin im wesentlichen ein integrierender Bestandteil des Kunstunterrichts, mit ihm erweitere sich lediglich das Feld um die technischen Phänomene der Funktion und Konstruktion, die, von allen Zweckbindungen abgelöst, selbst zu bildnerischen Mitteln werden und zu Erfindungen im Bereich der Form anregen sollen. Nach einer anderen Version soll das durch den Werkunterricht gebildete Formurteil die rein rational bestimmte Produktion beeinflussen.*“

entierten Werkansätze oder die technisch orientierten Werkansätze die Ausgestaltung der Arbeitslehre.[29] Fakt ist, dass sich die ehedem kulturkritisch motivierte, musisch und gestalterisch ausgerichtete Werkdidaktik in Richtung Technikdidaktik weiterentwickelte, wobei eine Fraktion den Technikunterricht konzeptionell der Arbeitslehreidee zuordnete (z.B. Blankertz, Groth, Sellin), eine andere die Selbstständigkeit technischer Erziehung propagierte. Technikdidaktisch konkurrieren seit den 60er Jahren damit zwei grundsätzliche Ansätze: Der eine begreift Technik als abgrenzbaren Teil der Wirklichkeit und leitet daraus den Anspruch eines eigenständigen Unterrichtsfaches ab, der andere fasst die Technik unter das Primat der Arbeit und integriert sie damit in die Arbeitslehre (s. dazu Schmayl 2010, S. 85ff.).
Konstitutive Elemente einer an der Technik orientierten Werkerziehung sollten nach Sellin (1969a, S. 5) die Ausbildung zum technischen Denken, die Erziehung zu einem technisch-konstruktiven oder technisch-analysierenden Problemlösungsverhalten und die Ausbildung zur technischen Dispositionsfähigkeit sein. Methodisch sollten diese Dispositionen induktiv durch „technisches Konstruieren“, “technisches Fertigen“, durch „technische Gegenstände“ und „technisches Bewirken“ erreicht werden. Praxis ist in diesem Ansatz ein unverzichtbares Element im technischen Erkenntnisprozess (Sachs 1988, S. 13).
Das Ringen um die inhaltliche und strukturelle Ausgestaltung der Technik innerhalb eines Lernbereichs, Fächerbundes oder Faches bestimmt bis in die jüngste Zeit die technikdidaktische Diskussion. Besonders auch der inhaltliche Anspruch der Arbeitslehre, sozioökonomische und soziotechnische Bezüge zu reflektieren, ist Auslöser andauernder Debatten. Während es zum einen die Sammlungsidee ist, die aus der Sicht der Technikdidaktiker oder auch der Wirtschaftsdidaktiker eine nachhaltige Bildung in beiden Bereichen verhindert, wird ferner moniert, dass die Arbeitslehre durch ihr Hauptschulimage den Einzug technischer Bildung ins Gymnasium erschwert hat (Wilkening 1997, S. 28). Durch die Arbeitslehre hafte dem technikorientierten Unterricht etwas Schichtspezifisches an, zudem verdränge der Fokus auf die Berufsorientierung andere wichtige Zielsetzungen (Nölker 1983, S. 653). Von den Verfechtern der Arbeitslehre wird dagegen vor allem die Begrenztheit der auf den funktionalen Kern der Technik zielenden Ansätze kritisiert, die ihre Ansicht nach zu sehr auf handwerkliche oder ingenieurmäßige Tätigkeiten abheben und dabei die überragende sozioökonomische Bedeutung der Technik vernachlässigen würden (Ropohl 2004).

Methodik des Werk- bzw. Technikunterrichts an allgemeinbildenden Schulen: Didaktik und Methodik der Nachkriegszeit bauen zunächst auf zentralen Überlegungen der Vorkriegszeit auf. Schule und Werken werden in der Pflicht gesehen, dem Schüler eine schöpferisch-gestalterische Auseinandersetzung mit Material und Werkzeug zu ermöglichen. Dies erfolgt nicht primär in der Absicht, die technische Welt zu verstehen, um so beispielsweise ein kritisches Bewusstsein gegenüber der Technik auszubilden. Bemüht wird vielmehr ein den vorherrschenden Strukturen der Arbeits- und Wirtschaftswelt bewusst entgegengesetztes Leitbild – das der handwerklichen Tätigkeit.[30] Dort wo der Werkunterricht eine dienende Funktion für andere Fächer übernehmen soll, spielt das Durchdringen technischer Artefakte allerdings durchaus eine

[29] Auf das Verhältnis zwischen Arbeitslehre und Werkunterricht kommt Gunter Otto (1967, S. 107ff.) zu sprechen. Er meint: „*Deutlich ist: Es gibt Auffassungen von Arbeitslehre, die durchaus in der Entwicklungslinie unseres Faches liegen.*“ Auch Knolle und Rehrmann (1971, S. 96-112) thematisieren das Verhältnis zwischen beiden Bereichen. Sie sehen sehr wohl – gerade was den technischen Part der Arbeitslehre anbelangt – Möglichkeiten der Kooperation, betonen allerdings die Vielschichtigkeit der Intentionen der Arbeitsehre, die sich nur mit Hilfe technologischer, soziologischer, psychologischer, rechtlicher und historischer Erkenntnismethoden erschließen und sich daher wohl besser in Kooperation mehrerer Fächer realisieren lassen.

[30] Im Büchlein „So werken wir heute“ von Ernst Meyer von 1963 findet sich auf Seite 3 folgende Aussage: „*Der mit dem Fahrstuhl hochgleitende Kontrolleur eines Atomkraftwerkes wird im Umgang mit der apersonalen Maschinenwelt niemals das Gefühl der Werkgestaltung und Werkvollendung haben, wie es beispielsweise früher der Korbmacher in seinem Verhältnis zu dem zur Arbeit notwendigen Naturmaterial besaß, zumal die Steuerung und Stabilität der neuen beruflichen Formen nicht durch eigene Initiative und durch selbstschöpferische Kraft erfolgt, sondern in den meisten Fällen nur noch durch übergeordnete, personentfremdete Strukturen eines technokratischen Funktionssystems. Hier bleibt nicht mehr viel für künstlerisch-handwerkliche Fähigkeiten. In der Einseitigkeit und Monotonie der Arbeit aber liegt eine große Gefährdung für den Menschen. Die Schule kann das Kind unserer Zeit nicht solchen Tendenzen gesellschaftlicher Bewegungsprozesse*

Rolle, etwa durch deren Nachbau.[31] Dietrich Herbst (1962, S. 71.ff.) erläutert in seiner Schrift „Technische Elementarerziehung in der Volksschule“ das denkbare Methodenspektrum des Werkunterrichts: Im Mittelpunkt steht die manuelle Betätigung des Schülers. Diese lässt sich entweder als freies schöpferisches Gestalten anlegen und geht dann in Richtung Kunsterziehung oder sie vollzieht sich in der handwerklich-technischen Betätigung und dort als exaktes Nacharbeiten einer vorbestimmten Form. Damit werden gleichsam zwei methodische Urtypen der Werkerziehung beschrieben. In engem Zusammenhang zur manuellen Tätigkeit sieht Herbst das Messen mit Messgeräten, Messmethoden und Maßen sowie das Bauen von Versuchsgeräten im Rahmen einer „Werkphysik“. Weiter wird die Durchführung von Experimenten aufgeführt und die besondere Rolle des Technischen Zeichnens für alle Arten handwerklicher Tätigkeit herausgestellt. Herbst (1962. S. 73) weist ferner darauf hin, dass ein wichtiger Aspekt all dieser Methoden die geistige Leistung ist, das „technische Denken“. Faktoren, die hier eine Rolle spielen, sind die Werkstoffauswahl, der Materialbedarf sowie das Finden konstruktiver Lösungen. Die Methoden sind systematisch den Werkstoffen untergeordnet, sie bestimmen Art und Ausmaß der praktischen Arbeit.
Darauf, dass ein solcher, auf Handfertigkeiten setzender Werkunterricht – besonders, wenn er die Mittel und nicht so sehr den Zweck in den Mittelpunkt stellt – methodisch oft zum „manuellen Drill“ oder „geistigen Leerlauf“ verkommt, weist Wessels (1969, S. 90) hin. Selbst skizziert er ein eigenes Methodengebäude, das weniger am handwerklichen Leitbild orientiert ist. Ausgangspunkt sind die Entwicklungsstufen des Kindes und der natürliche Werkprozess (ebd. S. 167ff.). Vorgeschlagen werden Spiele (spielendes Erkunden, Regelspiel und Wettkampf), Gestaltungsaufträge, reflektierende Methoden (u.a. Materiestudien, Erfahrungsaustausch oder Werkbetrachtung) und Arbeitsformen (Projekt und Vorhaben, Gemeinschaftsarbeit und Teilfertigung sowie Serienproduktion und Fließarbeit). Wenngleich die didaktische Begründung der Arbeitsformen bei Wessels nicht durchweg gelingt bzw. sogar unterbleibt, so werden doch die klassischen Pfade der Werkdidaktik verlassen.
Im Zuge der Umorientierung des Werkunterrichts in Richtung Technikunterricht im Anschluss an die 60er Jahre wird das methodische Repertoire insgesamt neu justiert und didaktisch eng mit techniknahen Methoden in Verbindung gebracht. Inhaltlich wie methodisch kommt es zu einer Orientierung an verschiedenen technischen Disziplinen und Wissenschaften. Eine Folge davon ist die Identifizierung technischer Problemlösungsprozesse mit ihren spezifischen technischen Denk- und Handlungsvollzügen. Als Konstruktionsaufgabe, Produktanalyse oder Montage- und Reparaturaufgabe finden sie Eingang in das fachspezifische Methodenrepertoire. Aber auch die Erkundung und Projektarbeit werden didaktisch neu konturiert. Neuerungen ergeben sich überdies bei den facheigenen Medien. Ein Beispiel ist der Rückgriff auf technische Baukästen, die eine Konzentration auf den Konstruktionsprozess ohne zeitraubende Vorbereitungen ermöglichen (Wilkening 1997).

Systematisierung der Technik – Grundlage für die Technikdidaktik: Schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts hatte – wie bereits erwähnt – der Göttinger Ökonomieprofessor Beckmann Überlegungen zu einer elementaren Ordnung des Technischen angestellt. Sein Schüler Johann Heinrich Moritz von Poppe (1776-1854) publizierte 1807 die erste Geschichte der Technologie. Karl Marx stützte sich inhaltlich wohl auf beide Werke, als er im Kapital 1867 davon sprach, dass die moderne Wissenschaft der Technologie die scheinbar zusammenhangslosen Produktionsprozesse in bewusst „[…] *planmäßige und je nach dem bezweckten Nutzeffekt systematisch besonderte Anwendungen der Naturwissenschaft*“ auflöst und zudem die „[…] *wenigen großen*

ausliefern. Sie hat nicht nur die Aufgabe, Anpassungshilfe an die gesellschaftlichen Strukturen zu leisten dort, wo es sich um zeitspezifische Gefährdung im Blick auf Menschwerdung und Menschsein handelt, hat sie Widerstandskräfte zu mobilisieren.“

[31] In Georg Stegers Sammlung einfacher Werkzeichnungen aus dem Jahr 1958 (2. Aufl.) finden sich Anweisungen zum Nachbau von Geräten und Objekten aus der Mechanik, der Akustik und Hydraulik.

Grundformen der Bewegung, worin alles produktive Tun des menschlichen Körpers“ besteht, entdeckte (Marx zit. in Anweiler 1964, S. 16ff.).
Gegen Ende der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts erfolgte mit zwei unabhängig voneinander erscheinenden Werken ein neuer Versuch, der szientistischen Fragmentierung der Technik entgegenzuwirken. Im Osten Deutschlands erschien 1978 die „Allgemeine Technologie“ von Horst Wolffgramm. Im Westen war es 1979 die „Allgemeine Technologie, eine Systemtheorie der Technik“ von Günther Ropohl, mit der die Komplexität und Gegensätzlichkeit technischer Erscheinungen in eine ontologische Ordnung gebracht werden sollte. Inspiriert durch Kybernetik und Konstruktionswissenschaft trugen beide Werke zur Weiterentwicklung der Strukturen einer allgemeinen Technikdidaktik bei.
Den Ausgangspunkt für Ropohls Ansatz bildet das technische System mit seinen Grundkategorien Stoff, Energie und Information. Die Rückführung der Technik auf das Zusammenspiel dieser Grundkategorien ist ein im Konstruktionsprozess des Ingenieurs geläufiger Schritt. Nach einer ganz bestimmten Konstruktionslogik wird dabei das letztendlich beabsichtigte technische System in Teilsysteme untergliedert. Jedes Teilsystem wiederum wird im Hinblick auf Stoff-, Energie- und Informationsumsatz analysiert. Davon ausgehend werden entsprechende naturwissenschaftliche Gesetze gesucht und in technische Lösungen überführt.
Ropohl erkannte in dieser Abstraktionslogik den didaktischen Nutzen für die theoretische und praktische Durchdringung technischer Systeme. Die ursprüngliche Beschränkung auf technische Sachsysteme erschien allerdings sowohl techniktheoretisch als auch technikdidaktisch zu eng gefasst. Insofern wurde der Ansatz mit dem Faktor Mensch ergänzt. Im Fokus stehen damit soziotechnische Systeme. Ein solch interdisziplinärer Ansatz, der Technik, Mensch, Gesellschaft und Natur zusammen denkt, sollte – so die didaktische Folgerung – auch den Spezialisten besser befähigen, technische Einzelprobleme adäquat zu lösen.
In der beruflichen Bildung hat der Systemansatz Ropohls im Gegensatz zur allgemeinen Technikdidaktik allerdings keinen großen Widerhall gefunden. Das mag an der Tatsache liegen, dass die Berufe im gewerblich-technischen Bereich doch stark ausführungs- und weniger konstruktionsbezogen sind (Lipsmeier 1984, S. 224). Auch innerhalb der Technikdidaktik ist der Ansatz von Ropohl nicht unwidersprochen geblieben. Kritisiert wird beispielsweise, dass es sich bei den für die Gliederung der Technik bemühten Begriffen Materie, Energie und Information nicht um technikgenuine Begriffe handelt, sondern um solche aus der Systemtheorie und Kybernetik. Auch sei eine Diskrepanz innerhalb des Ansatzes dadurch zu erkennen, dass Ropohl mit seinem fachwissenschaftlichen Systemansatz hauptsächlich die Technik als Phänomen sui generis ins Visier nimmt, didaktisch aber auf eine enge Verbindung zwischen Technik und Wirtschaft abhebt, ohne hier aber ein überzeugendes Konzept für einen solch integrativen Ansatz vorgelegt zu haben. Das Blickfeld verenge sich zudem zu sehr auf die Ebene der Phänomene und versäume es, zentrale philosophische, kulturanthropologische und metaphysische Fragen an die Technik heranzutragen (vgl. Schmayl 2010, S. 63ff. und S. 140ff.). Aus technikphilosophischer Sicht sieht Kornwachs (2012, S. 45) die Reduktion der Technik auf ihren systemischen Charakter als unzureichenden Erklärungsansatz. Seiner Meinung nach fehlt es dem Ansatz Ropohls an Aufschluss darüber, „[…] *was ein menschliches Wesen in der und mit der Natur fähig ist zu tun, d.h. was möglich oder unmöglich tatsächlich zu bewerkstelligen ist“*.
Trotz der aufgezeigten Unzulänglichkeiten ist der didaktische Nutzen des Ansatzes wohl größer als die Einwände, die gegen ihn vorgebracht werden, zumal die Kritiker in den Reihen der Technikdidaktik bislang ein gleichermaßen umfassendes Konzept zur Erschließung der Technik schuldig geblieben sind.

Technische Bildung am Gymnasium: Während die Initiativen der bildungspolitischen Aufbruchzeit in den 60er Jahren zu einer in Umfang und Konzeption zwar nicht einheitlichen Integration technischer Bildung vor allem in den Haupt- und auch Realschulen geführt hatten, blieb das Gymnasium davon weitestgehend unberührt. Ein Grund dafür lag wahrscheinlich im

Nachhall des neuhumanistischen Bildungsideals, hinter das sich die Verfechter gymnasialer Bildung bereits im 19. Jahrhundert zurückgezogen und Stellung gegen die Technik als Bildungsgegenstand bezogen hatten. Infolgedessen wurden technische Anwendungen selbst in den Naturwissenschaften eher als Nebensache betrachtet. Traebert (1989, S. 158) vermutet sogar, dass der Emanzipationsprozess des Physikunterrichts nach seiner Einführung am Gymnasium zu Beginn des 20. Jahrhunderts nur durch eine Fokussierung auf die „reine" Erkenntnis gesichert werden konnte.
Ein weiterer Grund für die Abneigung, gymnasiale Bildung stärker in Richtung Technik auszurichten, mag der industrielle Fokus gewesen sein, unter den technische Bildung in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts geriet. Konzeptionelle Überlegungen waren überwiegend an den Gegebenheiten von Handwerk und Industrie und den Anschlussmöglichkeiten für Haupt- und Realschüler ausgerichtet. Für die eigene Schülerklientel schienen die Vorschläge für ein Unterrichtsfach Technik dadurch weniger attraktiv zu sein und wurden unter dem Begriff „Blaujackenfach" desavouiert. Mit dem in den 70er Jahren stärker wahrgenommenen Übergang von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft entschärfte sich womöglich auch der unmittelbare Handlungsdruck auf das Gymnasium, technische Inhalte in die Curricula zu integrieren.
Heute kommt studien- und berufsvorbereitenden Inhalten und damit auch der Technik eine durchaus größere Rolle am Gymnasium zu. Erstaunlich ist jedoch die nach wie vor mangelnde systematische Präsenz der Technik aber insofern, als dass Gymnasiasten oft technische Studienfächer wählen und auch der Eintritt in das System der beruflichen Ausbildung keine Seltenheit darstellt. Auch die Diskussionen um die auch in der Öffentlichkeit viel beachteten Studien TIMSS und PISA, die aufzeigen, dass deutsche Schüler und Schülerinnen bei der Anwendung mathematisch-naturwissenschaftlicher Kenntnisse auf alltagsweltliche Probleme Schwächen aufweisen, haben eher zu einer Auseinandersetzung über die Qualität naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts, denn zu einer Forderung nach mehr Technikunterricht geführt. Fächer wie Physik und Chemie gehören seit langem zu den unbeliebten Fächern im Schulunterricht der Sekundarstufen. An diesem Zustand haben auch die vielfältigen Bemühungen und Initiativen im schulischen und außerschulischen Bereich, naturwissenschaftlich-technische Bildung zu stärken, in den letzten Jahren kaum etwas verändert (vgl. Köster et al. 2008, S. 33). Die Skepsis gegenüber einer Aufwertung der Technik am Gymnasium hat dort auch die Diskussionen um die Einführung von Informatikunterricht bzw. informationstechnischer Grundbildung begleitet. Mittlerweile hat sich die Informatik als Schulfach in den meisten Bundesländern etabliert. Mit singulären oder Kombinationsfächern wie Natur und Technik wird seit einiger Zeit auch technischen Bildungsinhalten mehr Raum eingeräumt (vgl. Zinn 2018c, S. 232). Ob freilich ein Kombinationsfach wie Natur und Technik die für eine technische Bildung so wichtige Reflexion über das naturgesetzlich Mögliche, das ökonomisch Vertretbare, das politisch Durchsetzbare, das sozial Wünschenswerte sowie das ökologisch Sinnvolle leisten kann, darf bezweifelt werden (vgl. VDI 2012, S. 5).

Informatik und informationstechnische Grundbildung: Seit dem ersten Drittel des 20sten Jahrhunderts kann von einem Siegeszug der Informations- und Kommunikationstechnik gesprochen werden. Die Fokussierung auf den immateriellen Teil der Technik – die Information – führte zu einer weiteren inhaltlichen Zersplitterung technischer Bildung. Es folgte die Einführung der Informatik ab den 1970er Jahren sowie der „informationstechnischen Grundbildung" ab Mitte der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts. Während die Informatik als Schulfach vor allem in der Sekundarstufe II anzutreffen ist, hat sich die Informationstechnische Grundbildung (ITG) als fachübergreifende Aufgabe auf breiterer Front durchsetzen können.
Die Entwicklung des Unterrichtsfaches Informatik lässt sich in verschiedene Phasen einteilen (Humbert 2006, S. 52). Zunächst noch stark der Rechnertechnik verhaftet, stand ab Mitte der 70er Jahren vor allem die Algorithmisierung im Mittelpunkt des sich erst entwickelnden didaktischen Diskurses für das neue Schulfach. „*Die Schwerpunkte dieser Informatikbildung lagen*

auf algorithmischen Lösungen, auf der Entmystifizierung von Informatiksystemen und deren Einbettung in die Gesellschaft" (Humbert & Schubert 2002, S. 6). Wesentliches Ziel des Unterrichts war die Formulierung und Programmierung von Algorithmen, letztendlich also die Generierung kleiner Programme. Dass dies wegen der Komplexität der Materie ausschließlich vor dem Hintergrund einfacher Probleme erfolgen konnte und damit Bezüge zu komplexen Informationsstrukturen oder sogar gesellschaftlichen Entwicklungen nur unzureichend herzustellen waren, erschwerte nach Ansicht Hubwiesers (2007, S. 51) den allgemeinbildenden Anspruch des Informatikunterrichts.

Vor dem Hintergrund einer breiten Durchdringung aller Lebensbereiche mit informationstechnischen Anwendungen und kommunikationstechnischen Geräten wurde von verschiedenen Seiten für einen Aufbau von Fähigkeiten zum Umgang und zur Beurteilung informationstechnischer Lösungen geworben. Die unterschiedlichen Forderungen fanden ihren Niederschlag in dem von der Bund-Länderkommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung 1984 vorgestellten Rahmenkonzept „Informationstechnische Bildung". Dieses zielte bei Verzicht auf Programmiertätigkeiten vorrangig auf die Benutzung von Anwendersystemen und auf eine lebenspraktische Orientierung innerhalb der Technologien ab (vgl. Hubwieser 2007, S. 52). Aufgrund der föderalen Struktur sowie des ausschließlichen Vorschlagscharakters solcher Rahmenkonzepte erfolgte die Umsetzung der Informationstechnischen Grundbildung (ITG) in den einzelnen Bundesländern und Schularten auf unterschiedlichen Wegen: Entweder über eine blockmäßige Einbindung in ein oder mehrere Unterrichtsfächer oder generell als Projekt (Schubert & Schwill 2011, S. 29). Bei diesen eher auf das Bedienwissen ausgelegten Bildungskonzepten mussten freilich die hinter den Anwendungen liegenden informatorischen Prinzipien weitestgehend unberücksichtigt bleiben. Dass Bildungsintentionen in diesem Bereich oszillieren, erscheint angesichts der komplexen Strukturen von Hard- und Software nicht ungewöhnlich. Und so sind denn auch die übergeordneten Prinzipien oder Ideen für den Informatikunterricht vielgestaltig, wie Humberts (2006, S. 56ff.) Dokumentation verschiedener fachdidaktischer Ansätze seit Ende der 80er Jahre deutlich macht: Soll Informatik einen Beitrag zum Aufschluss der Technik leisten (Engbring 1995, S. 76), „Fähigkeiten zum Umgang mit Informationen" anbahnen (Hubwieser & Broy 1997) oder das Schwergewicht auf die Einsicht in die objektorientierte Programmierung sowie in die Gestaltung und Bewertung von Informatiksystemen gelegt werden (Magenheim u.a. 1999, S. 149)?

Eine gewisse Orientierung innerhalb dieses Fragehorizonts schaffen die von der Gesellschaft für Informatik im Jahr 2008 vorgelegten Grundsätze und Standards für den Informatikunterricht in der Sekundarstufe I[32] sowie die 2016 veröffentlichten Bildungsstandards für die Informatik in der Sekundarstufe II[33]. Als übergeordnetes Ziel informatischer Bildung in Schulen wird hier eine bestmögliche Vorbereitung von Schülerinnen und Schülern auf ein Leben in einer Informationsgesellschaft genannt.

Welch enge Verbindungen zwischen Informatik, Medienbildung und technischer Bildung bestehen, wird an einem Begriff deutlich, der ausgehend vom anglo-amerikanischen Raum entsprechende Diskurse vereinnahmt. Die Rede ist von *computational thinking*. Damit werden allgemein Fähigkeiten zum Umgang mit informatorischen Systemen zusammengefasst. Eine eindeutige inhaltliche Klärung steht allerdings noch aus. Verschiedene Interpretationsrichtungen kursieren: „*One approach emphasizes computer literacy, which generally involves using tools to create newsletters, Web pages, or multimedia presentations. A second approach emphasizes computer science by teaching students about programming in particular languages as a way to process, analyze, and interpret information with an emphasis on key computer science concepts*

[32] https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/2338
[33] https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/2350

such as abstraction, modularization, loops, and conditionals. A third approach emphasizes programming applications, such as games, robots, and simulations, often with an emphasis on students' participation and identity in authentic communities and practices. A fourth approach emphasizes learning to think computationally as a fundamental analytical skill that everyone, not just computer scientists, can use to help solve problems, design systems, and understand human behavior" (Francis & Stephens 2018, S. 3f.).

Methodik des Informatikunterrichts: Wie in anderen schulischen Fächern, können im Informatikunterricht unterschiedlichste Ansätze zum Tragen kommen. Die entsprechende fachdidaktische Literatur listet unter anderem folgende methodische Formate auf: Problemorientierter Unterricht, Lernaufgaben, entdeckendes Lernen, Computersimulation, Projektmethode und Modellmethode (Zendler 2018). In den einschlägigen Standardwerken werden besonders dem Projekt bzw. dem projektorientierten Lernen ein gewisser Vorzug eingeräumt (Humbert 2006; Schubert & Schwill 2011). Das präferierte Ziel des Einsatzes von Methoden ist vor allem das Problemlösen, das zugleich als eigenes methodisches Muster betrachtet wird. Von Informatiklehrern werden dem problemorientierten Unterricht positive Effekte für verschiedene Phasen und Stadien des Lernens und des Wissenserwerbs zugebilligt (Zendler & Klaudt 2018). Problemlösen wird dabei als Prozess verstanden, „[…] *der dazu führt, dass eine vormals von Menschen/Organisationen durchgeführte Tätigkeit auf einem [halb-]automatischen Ablauf umgestellt wird*" (Humbert 2006, S. 76). Für die Lösung informatorischer Probleme schlägt Hubwieser (2007, S. 71f.) folgende Phasen vor: (1) Problembegegnung evtl. durch Lehrer- oder Schülervortrag bzw. Unterrichtsgespräch eingeleitet. (2) Informelle Problembeschreibung. Ausführliche verbale oder graphische Beschreibung des Problems durch die Schüler. (3) Formale Modellierung über Techniken zur Strukturierung. (4) Implementierung und Realisierung beispielsweise mit Textverarbeitung, Datenbanksystemen, Tabellenkalkulationsprogrammen oder makroprogrammierbarer Software. (5) Bewertung.

Istzustand technischer Bildung: Angesichts der Bedeutung der Technik für alle Lebensbereiche kann ihre Relevanz für den allgemeinbildenden Bildungsbereich nur als bescheiden charakterisiert werden. Im Elementar- und Primarbereich wurden in den letzten Jahren zwar zahlreiche Anstrengungen unternommen und Initiativen gestartet. Ohne eine grundständige Verankerung entsprechender Inhalte in die Ausbildung des Erziehungs- und Lehrpersonals, müssen die Angebote jedoch eher zufällig und damit wenig nachhaltig bleiben. Im Bereich der allgemeinbildenden Schulen existieren – infolge der wenig einheitlichen Schulstrukturen der einzelnen Bundesländer – die unterschiedlichsten Formate technischer Bildung. Das Spektrum reicht von Unterricht in eigenständigen Fächern und Integrationsfächern bis hin zu Lernbereichen, die in unterschiedlichen Fächern unterrichtet werden. Die Vielfalt der Inhalte steht zumeist im krassen Gegensatz zum eingeräumten Zeitrahmen (Hartmann, Kussmann & Scherweit 2008, S. 19). Mit Ausnahme ihres naturwissenschaftlichen Kerns sind technische Inhalte schulartübergreifend unterrepräsentiert. In Anlehnung an Schmayl (2010, S. 21f.) und Zinn (2014, S. 25f.) lassen sich für die verschiedenen Schularten folgende Zustandsbeschreibungen vornehmen:

- Grundschule: Techniklastige Inhalte sind grundsätzlich vorhanden, allerdings besteht ein uneinheitlicher inhaltlicher und organisatorischer Zuschnitt bei starker Streuung des quantitativen Umfangs.
- Hauptschule/Gesamtschule: Insgesamt findet sich hier der umfangreichste Technikunterricht, teilweise als eigenes Fach, teilweise als integrierter Bestandteil der Arbeitslehre.
- Realschule: In den Eingangsklassen ist Technikunterricht weit verbreitet, später eher als Wahlunterricht und mit starken Bezügen zu den Naturwissenschaften.
- Gymnasium: In den letzten Jahren haben fast alle Bundesländer ein Fach mit technischen Inhalten eingeführt, wobei die jeweiligen inhaltlichen Konzeptionen divergierenden bildungspolitischen Vorstellungen unterliegen.

Abb. 2.1: Schüler bei der Variantenkonstruktion eines Bauteils mit einer CAD-Anwendung

3 Methodologische Aspekte technischer Bildung

Wie der Streifzug durch die Geschichte zeigt, weist der Kanon sowohl technischer als auch schulischer Methoden ein relativ großes Beharrungsvermögen auf. Schreiben, Lesen und Rechnen sowie Auswendiglernen, Nachmachen und beharrliches Üben bestimmten über Jahrhunderte das methodische Geschehen in den Bildungseinrichtungen. Dabei gab es durchaus Vorschläge, wie sich die Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit den Inhalten effektiver gestalten ließe. Die Überlegungen zur Stufung von Inhalten durch Comenius (1592-1670), Herbart (1776–1841) und die Herbartianer, die reformpädagogischen Ansätze für eine freiere Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen oder die Arbeitsschulbewegung mit ihrer Akzentuierung der Selbsttätigkeit sind hier stellvertretend zu nennen (vgl. Bönsch 1995, S. 14f.).
Damit sich in Schule und Unterricht Verfahren und Methoden etablieren konnten, die dem Prozess der Aneignung eine ebenso bedeutsame Rolle zubilligten, wie der Beherrschung der Inhalte, mussten sich jedoch erst verschiedene Rahmenbedingungen verändern. Eine Voraussetzung war, dass die Schule der persönlichen Entwicklung des Schülers genauso viel Bedeutung zumaß, wie den erziehlichen Absichten des Staates. Eine weitere Voraussetzung war die Akzeptanz von Wissenschaft und Forschung, Fragen der Analyse, Planung und Gestaltung von Unterricht als relevante Erkenntnisobjekte einzustufen (vgl. Terhart 2000, S. 17ff.).
Heute ist das mögliche Methodenspektrum für Schule und Unterricht zwar ungleich vielfältiger als früher – ob es der tatsächliche Einsatz dieser Methoden ist, ist fraglich (vgl. dazu beispielsweise Bleher 2001; Wiechmann 2002). Die Zurückhaltung der Lehrenden bei der Methodenvariation wird oft mit dem Gefühl begründet, damit nur einen geringen Einfluss auf die Inhaltsvermittlung zu besitzen.

Bedeutung von Unterrichtsmethoden: Die methodische Planung und Gestaltung von Unterricht oder allgemein von Lehr- und Lernprozessen muss zu den Kernkompetenzen des Lehrpersonals gerechnet werden. Wissenschafts- bzw. erkenntnistheoretisch handelt es sich bei Methoden um ein mehr oder weniger planmäßiges Verfahren zur Erreichung eines bestimmten Ziels, eines bestimmten Weges zum Ziel oder einfach nur um eine bestimmte Art und Weise zu handeln. Methode im pädagogischen Kontext lässt sich als Moment jedes bewusst erziehlichen und unterrichtlichen Handelns verstehen (Schulz 1985, S. 56). Konkret auf den Unterricht bezogen umfasst der Begriff der Methode sowohl die vorausgehende Planung, als auch die praktische Realisierung der Lehr-/Lernsituation auf der Grundlage normativer Entscheidungen und funktional-organisatorischer Kriterien (Wiechmann 2006, S. 215f.). Für Hilbert Meyer (2002, S. 109) sind Methoden die Formen und Verfahren, mit denen sich die Lehrerinnen und Lehrer, Schülerinnen und Schüler die sie umgebende natürliche und gesellschaftliche Wirklichkeit unter Beachtung der institutionellen Rahmenbedingungen der Schule aneignen.
Im Zuge der Planung von Lehr-/Lernsituationen geht es darum, entlang vorher definierter Ziele diejenigen Handlungsstrukturen ausfindig zu machen, die dem Lernenden sowohl eine erste Aneignung als auch einen Lernfortschritt bei domänenspezifischen Wissensgrundlagen, Verhaltensweisen oder Denkprozessen ermöglichen. Es gilt demnach, die „richtige“ Methode für einen bestimmten Inhalt und im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel auszuwählen (Jank & Meyer 2003, S. 57).

Methodik als Teilbereich der Didaktik: Einsatz und Nutzen von Methoden sind seit langem Gegenstand didaktischer Überlegungen, die sich gelegentlich – dann als Theorie methodischer Entscheidungen – zu einer umfassenden Methodik verdichten. Eine Methodik umfasst die Sammlung und Reflexion von Methoden im Hinblick auf bestimmte Strukturelemente (vgl. Kron 2008, S. 31). Jürgen Wiechmann (2006, S. 218) sieht solche strukturellen Überlegungen zu unterrichtlichen Methoden vor allem an drei Grundpositionen orientiert: An normativen und

theoretischen Grundpositionen des Unterrichts, an der Unterrichtsgestaltung sowie an taxonomisch unterschiedlichen Zielperspektiven. Mit Blick auf normative oder theoretische Grundpositionen lassen sich beispielsweise verschiedene Methodenfamilien identifizieren, die nach bestimmten Verhaltens-, Persönlichkeits- oder Lernaspekten konstituiert werden können (vgl. Joyce, Weil & Calhoun 2010, S. 14ff.). Methoden von der Unterrichtsgestaltung aus zu erschließen bedeutet, die Relationen zwischen Lehrer, Schüler und Inhalt exakter festzulegen.
Die Reflexion von Methoden im Hinblick auf ihre Eignung für die Erreichung konkreter Ziele hat vor allem in der Fachdidaktik Tradition. Das enge Verhältnis zwischen den Zielen des Unterrichts und entsprechenden Methoden wurde beispielsweise bereits beim so genannten verfahren- oder methodenorientierten curricularen Ansatz für die Arbeitslehre in den 70er Jahren des vorangegangenen Jahrhunderts herausgestellt (vgl. Kaiser 1976b).
Die Präferenz für die Kompetenzorientierung des Unterrichts und die damit einhergehende Suche nach adäquaten Vorgehensweisen zur Kompetenzanbahnung, -anwendung und -feststellung scheint auch der Methodendiskussion neuen Schub zu geben. Geht man davon aus, dass Kompetenzen beim Handeln erworben werden und sich auch nur dort effektiv feststellen lassen, sind die spezifischen, einem bestimmten Handlungsbereich entlehnten Vorgehensweisen von besonderem Interesse und zwar vor allem auch als eigenständige Lernziele und Lerninhalte. Ziel von Schule und Unterricht muss es sein, dass die Lernenden selbst zur problemadäquaten und effizienten Methodenanwendung – also zur Methodenkompetenz befähigt werden (vgl. Selzer 2001). Methoden werden damit selbst zu Kompetenzen (vgl. Köck 2016).

Methoden im Bereich der Technik – Ziel und Inhalt zugleich: Eine gebräuchliche Verwendung des Technikbegriffs liegt darin, mit ihm allerlei übliche oder zweckmäßige menschliche Vorgehensweisen zu umschreiben: Man spricht von Schreibtechnik, Operationstechnik, von der Technik der Ausführung einer Sportart und eben auch von der Technik, etwas zu erstellen, zu reparieren oder zu konstruieren. Dass damit eigentlich Methoden gemeint sind, lässt den Konnex zwischen Technik und Methode deutlich werden. Das Handlungsvermögen in der Technik gründet auf spezifischen Methoden. Methoden können ganz allgemein als eine bestimmte Art der Ausführung einer als zweckmäßig erachteten Operationsfolge unter gegebenen Bedingungen zur Erreichung eines bestimmten Ziels bezeichnet werden. Die Definition von Methoden garantiert die Wiederholbarkeit einer Operationsfolge sowie die Möglichkeit, Erfahrungen zu tradieren (vgl. Kornwachs 1996, S. 28).
Die für den Bereich der Technik typischen Methoden dienen in der Regel dazu, Probleme zu lösen, ein Produkt herzustellen oder Artefakte und Sachsysteme zielgerichtet einzusetzen (*poietisches* Handeln). Ziel, Qualität und Ergebnis technikbezogener Operationen sind von der jeweiligen Lebens- oder Handlungssituation abhängig, in der agiert wird. Ob privat im Haushalt, im Rahmen beruflich bedingter Fertigungs- oder Konstruktionsprozesse oder in der Forschung – immer ist dazu ein eigentümliches, auf die Technik bezogenes Wissen notwendig. Zum prozeduralen Anteil dieses Wissens gehören entsprechende Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden. Sie erst ermöglichen die Aneignung neuer Erkenntnisse (z.B. durch Messen), die Lösung von Problemen (z.B. durch die gezielte Fehlereingrenzung) oder einfach die möglichst effektive und effiziente Erreichung von Zielen.
Methoden nehmen somit eine Art Mittlerfunktion ein, nämlich zwischen dem lernenden, erkennenden und schaffenden Individuum einerseits und dem zu beherrschenden, zu erkennenden oder bearbeitenden technischen Sachverhalt andererseits (s. Abb. 3.1). Mit der Anwendung eines bestimmten Methodenrepertoires lässt sich Technik erschließen, nutzen, gestalten oder bewerten.

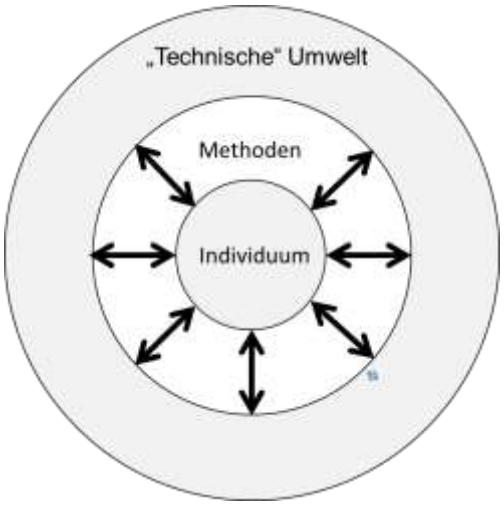

Abb. 3.1: Erkenntnis- und Arbeitsmethoden – Mittler zwischen Individuum und Technik

(Technisches) Methodenspektrum als Indiz für die Kulturhöhe: Als Wissenschaftsdisziplin befasst sich unter anderem die von Harold Garfinkel begründete Ethnomethodologie mit den Methoden, mit denen Menschen ihr alltägliches Wissen aufbauen und ihre Welt strukturieren und ordnen. Ethnomethodologisch können die prozeduralen Bestandteile des Wissens als Methoden und Vorgehensweisen charakterisiert werden, die für den jeweiligen Stand einer Kultur konstitutiv sind. Folgt man den Vertretern des Methodischen Kulturalismus unter Federführung von Peter Janich, lassen sich (technische) Methoden als Maß für die Kulturhöhe begreifen (Janich 2006, S. 26ff.). Die gesamte Entwicklungsgeschichte – und damit auch die technische – wird hier als Folge einer Kette bzw. Verkettung von Handlungsfolgen aufgefasst. Ist einmal eine eindeutige Schrittfolge von Handlungen zur Erreichung eines Zieles identifiziert, wird sie als kulturelle Errungenschaft zunächst nicht mehr in Frage zu stellen sein. Andererseits bilden diese Methoden und Handlungsfolgen auch die Basis für die weitere Entwicklung. Durch Umdeutungen der eigentlichen Verwendungsbestimmungen wird der Raum des Erreichten immer wieder neu aufgebrochen. Die Voraussetzung dafür ist freilich, dass die Individuen zur jeweiligen Kulturhöhe aufschließen, sich also die Methoden und Handlungsfolgen aneignen. Die Enkulturation eines Individuums muss daher neben sittlichen und sozialen Kompetenzen, eine technische Partizipationskompetenz miteinschließen. Der Methodenbegriff bleibt bei dieser Argumentation nicht auf den engen Sprachgebrauch von Technik beschränkt, ist also auch auf andere kulturelle Praxen übertragbar (ebd., S. 29).
In einer Welt, in der es immer mehr zu lernen gibt, kann es allerdings nicht allein beim Einüben fest definierter Operationsfolgen oder Sprachakte bleiben. Die Fähigkeit, sich umzuorientieren, Wissen zu transformieren und zu modifizieren, sowie kreative Antworten auf Probleme zu finden, verlangt nach einer flexiblen Anwendung verschiedener Methoden. Die technischen bzw. technikwissenschaftlichen Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden erweisen sich dabei als lohnende Ziele und Inhalte technischer Bildung.
Weil sie sich als adäquate Vorgehensweisen im Ringen um die (technische) Sache erwiesen haben, eignen sie sich als Methoden zum Lernen und selbst erlernt zu werden. Das technikwissenschaftliche Methodenspektrum ist dabei Verpflichtung, über eine Modifikation, Variation oder Erweiterung des Methodenrepertoires technischer Bildung nachzudenken.

Methodologie als Grundlage für Methodik: Die Aufgabe, die mögliche Bandbreite an Methoden, mit denen in einem Bereich oder einer Wissenschaftsdisziplin gearbeitet wird zu untersuchen, zählt üblicherweise zu den Aufgaben der Methodologie eines Fachgebietes. Nach Krause (2001, S. 130) umfasst eine fachspezifische Methodologie „[…] *das Gesamtsystem von*

Erkenntnissen weltanschaulicher, erkenntnistheoretischer, wissenschaftstheoretischer, wissenschaftslogischer, logischer, mathematischer oder anderer Art, das im Zusammenwirken mit den aus der Sachlogik des Erkenntnisobjektes resultierenden Einflüssen und fachspezifisch-theoretischen Erkenntnissen des Erkenntnisumfeldes die Vorgehensweisen für weiteren Erkenntnisgewinn, für die Darstellung der Erkenntnisse sowie für ihre Überführung in die Praxis begründet.“

Auch die zielgerechte Auswahl, Modifikation oder Gestaltung von Lehr- und Unterrichtsmethoden stellt in gewisser Weise ein methodologisches Problem dar, das allgemein entlang der oben beschriebenen Orientierungen gelöst werden kann – also zum Beispiel auf der Grundlage normativer Entscheidungen, konkreter Fragen der Unterrichtsgestaltung oder in Abhängigkeit der vorgegebenen Ziele. Dafür, dass diese Orientierungen nicht zum Selbstzweck werden, sondern dem Verhältnis zwischen dem Lernenden auf der einen und dem Erkenntnis- oder Erfahrungsobjekt auf der anderen Seite tatsächlich zum Vorteil gereichen, bedarf es einer Reihe von strukturellen Überlegungen.

Aus fachdidaktischer Sicht verdichten sich solche Überlegungen oftmals im Hinweis auf die fachspezifischen oder facheigenen (Forschungs-)Methoden, denen eine besondere Nähe zu entsprechenden Sachinhalten eingeräumt wird. Mit dem Argumentationsmuster „fachaffiner Methoden“ lässt sich der schulische Methodeneinsatz jedoch nur unzureichend legitimieren. Ein Grund dafür ist, dass sich die Frage nach konkreten Bezugswissenschaften für einzelne Fächer nicht immer eindeutig beantworten lässt. Das gilt insbesondere für die technische Bildung, die in unterschiedlichste Fachkonstellationen integriert ist. Hinzu kommt, dass sich die in technischen Domänen gebräuchlichen Erkenntnis- und (Arbeits-)methoden kaum eins zu eins in Schule und Unterricht übertragen lassen. Die Verfahren des (technischen) Experten zählen zum Fachwissen, das es im Zuge technischer Bildung ja erst anzubahnen gilt. Entsprechende Methoden sind daher in Bezug auf Lernförderlichkeit zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Genauso problematisch, wie eine unreflektierte Übernahme fachlicher Methoden in den Unterricht, ist die „Ziehung“ verschiedener Verfahren aus einem Methodenpool, um auf diese Weise einer unspezifisch definierten Methodenkompetenz oder „Handlungsorientierung“ zu genügen.

Die strukturelle Reflexion von Methoden technischer Bildung und ihr zielgerichteter Einsatz erfordern eine methodologische Basis. Nun existieren u.a. mit den Arbeiten von Banse und Wendt (1986) oder Müller (1990) umfangreiche methodologische Analysen der technikwissenschaftlichen Methodik, die teilweise Eingang in die technikdidaktischen Methodendiskussionen gefunden haben. Allerdings mangelt es an einer kritischen Auseinandersetzung darüber, ob eine fachwissenschaftliche Methodologie überhaupt hinreichend Kohäsionskräfte entwickeln kann, um die Methodik für ein Unterrichtsfach oder einen Lernbereich zu begründen.

Ziel der nachfolgenden Abschnitte ist es daher, methodologische Überlegungen vorzustellen, die nicht ausschließlich auf den Methodenreflexionen der Technikwissenschaften aufruhen, sondern den speziellen Bedingungen von Lehr- und Lernprozessen gerecht werden. Dies erfolgt nicht mit dem Anspruch, Königswege für Lernsituationen technischer Allgemeinbildung zu identifizieren, sondern zu reflektierten Methodenentscheidungen und Methodenanalysen sowohl in der Lehrerbildung als auch bei der Vorbereitung schulischer oder außerschulischer Lernprozesse mit beizutragen.

Um die Kriterien für diese methodologischen Überlegungen zu gewinnen, erfolgt zunächst eine allgemeine Einordnung von Unterrichtsmethoden. Dann werden vorhandene Kriterien zur Einordung der Methoden technischer Bildung vorgestellt und diskutiert. Anschließend wird mit der ZIEL-Matrix ein System zur Typisierung von Anforderungskategorien vorgestellt, das im Verlauf der weiteren Ausführungen mit konkreten Inhalten gefüllt wird.

3.1 Allgemeine Strukturüberlegungen zu Unterrichtsmethoden

Funktion und Definition von Methoden: Bis heute ist die Auffassung verbreitet, der Sinn und Zweck von Unterrichtsmethoden liege allein darin, den Schülerinnen und Schülern Bildungsinhalte zugänglich zu machen. Ausgangspunkt derartiger Überlegungen ist die Annahme eines gewissen Primats von Bildungsinhalten (was, warum?) gegenüber der Methodik (wie, womit?). Dass es sich dabei um ein eingeschränktes Methodenverständnis handelt, macht bereits der Diskurs um die Gleichberechtigung von materialer und formaler Bildung deutlich (vgl. Blankertz 1974, S. 36ff.; Kron 2008, S. 73). Konkret haben etwa die lerntheoretische Didaktik von Heimann und Schulz oder auch die kritisch-konstruktive Didaktik von Klafki auf den bildungsbedeutsamen Implikationszusammenhang zwischen Inhalten und Methoden verwiesen. Mittlerweile zählt die Forderung, dass die Wechselwirkung zwischen Inhalt und Methode genauer in den Blick zu nehmen sei zu den Standardformeln für didaktische Planungsprozesse. Vermieden werden soll dadurch eine hierarchisierende Über- oder Unterordnung zwischen beiden didaktischen Kategorien (vgl. Meyer 1987a, S. 77).
Eine eindeutige Verständigung über Methodenfragen leidet jedoch – darauf weist Blankertz bereits 1974 (S. 104) hin – häufig daran, dass ganz unterschiedliche Aspekte und Dimensionen berührt werden. Dies schlägt sich etwa in verschiedenen Begrifflichkeiten oder Umschreibungen nieder, die im Zusammenhang mit Methoden Verwendung finden. Begriffe wie Verfahrensweisen, Lernhilfen, Unterrichtsformen, Lehrgriffe, Unterrichtsverfahren oder Arbeits- und Aktionsformen spannen für sich durchaus eigene Bedeutungshorizonte auf (vgl. Winkel 1991, S. 12f.). Ordnung in dieses Bedeutungsgeflecht zu bringen, versucht Ewald Terhart (2000, S. 26 f.) mit einer Auswertung verschiedener Definitionen des Begriffs Methoden. Dabei stellt er vier unterschiedliche mehr oder weniger durchgängige Punkte fest: Im Rahmen der Dimension „Zielerreichung“ dient die Methode als Mittel zur Erreichung von Lern- und Unterrichtszielen. Innerhalb der Dimension „Sachbegegnung“ fungiert sie als vermittelnde Instanz zwischen dem zu erlernendem/anzueignendem Objekt und dem lernenden/aneignenden Subjekt. Im Mittelpunkt der Dimension „Lernhilfe“ steht die Schaffung möglichst günstiger Lernbedingungen für den Schüler. Bei der Dimension „Rahmung“ geht es um die Einbettung von Lernprozessen in den institutionellen Rahmen der Schule.
Die strukturelle Erschließung von Methoden lässt sich darüber hinaus noch auf andere Dimensionen ausdehnen. Da Methodenentscheidungen das interpersonelle Geschehen determinieren, kann beispielsweise von einer Sozialdimension gesprochen werden. Des Weiteren kann Methodenentscheidungen eine Inhaltsdimension zugebilligt werden, wenn sie selbst zum Unterrichtsinhalt bzw. Lerngegenstand werden (vgl. Köck 2015, S. 555). Weil die Methodik des Unterrichts zuweilen mit Effizienz-, Effektivitäts- und Leistungsanalysen in Verbindung gebracht wird, weist der Einsatz von Methoden außerdem eine Evaluations- oder Reflexionsdimension auf.
Zusammenfassend lässt sich resümieren, dass es sich bei Methoden für Lehr- und Lernprozesse um auf bestimmte Ziele und Inhalte ausgelegte Vorgehensweisen handelt, die eine äußere Organisations-, Handlungs- und Sozialstruktur sowie eine innere Sach-, Erkenntnis- oder Lernstruktur integrieren. Sie geben dem Handeln der am Bildungsprozess Beteiligten, dem Inhalt und dem Lernprozess Sinn und Ordnung. Als Gestaltungsmittel im Unterricht dienen sie der Aneignung der Wirklichkeit, als Unterrichtsinhalt der Handlungsfähigkeit in dieser Wirklichkeit.

Methodendiskussion: Professionelles Lehrerhandeln lässt sich an der Trias Fachkompetenz, didaktischer Kompetenz und pädagogischer Kompetenz festmachen. Entscheidungen, die auf der Grundlage dieser Kompetenzen getroffen werden, bilden die „Statik“ für die Beantwortung der Fragen, was, warum, wie und womit „etwas“ im Unterricht gemacht wird (vgl. Wernke &

Zierer 2017, S. 10f.). Reflektierte Methodenentscheidungen zählen somit – um im Bild zu bleiben – zum „Bauplan“ für den Unterricht. Gegen ein algorithmisches Abhängigkeitsverhältnis zwischen der vorher geplanten Methode und dem resultierenden Lerneffekt lassen sich freilich verschiedene Bedenken ins Feld führen.
Alle Methodenrafinesse – so beispielsweise ein Einwand von Hilbert Meyer (2003, S. 327f.) – helfe nichts, wenn Schülerinnen und Schüler Methoden als Zwangsmaßnahmen erleben würden. Gegen eine starke Fixierung auf Methoden lässt sich auch erkenntnistheoretisch argumentieren. Besonders der Konstruktivismus hat für die Vorstellung vom lernenden Subjekt tiefgreifende Veränderungen gebracht. Das in Lernprozessen zu vermittelnde „Wissen“ wird hier ja nicht als unabhängige, vom Subjekt völlig neutrale Größe betrachtet, sondern als individuell konstruierte Erkenntnis. Damit wird der eine, bei allen Schülerinnen und Schülern gleichermaßen erfolgreiche methodische „Königsweg“ in Frage gestellt. Andererseits ist gerade der Konstruktivismus Verpflichtung, von einer Kultur des Lehrens zu einer Kultur des Lernens zu gelangen. Für Methodenentscheidungen bedeutet dies einen Vorrang für die Planung und Gestaltung solcher Lernsituationen und Lernumgebungen, in denen die Schülerinnen und Schüler angeregt werden, individuelle Konstruktionen der Wirklichkeit aufzubauen, zu reflektieren und ggf. weiterzuentwickeln (vgl. Wesemann 2006, S. 249).
Die aktuell dominierende Kompetenz- beziehungsweise Outputorientierung formeller Bildungsprozesse, mit ihrem Fokus auf dem Zusammenhang zwischen Wissen und Können, lenkt allerdings den Blick wieder verstärkt auf Methodenfragen. Ein kompetenzorientierter Unterricht, der diesen Namen verdiene, müsse – so die Forderung – nicht primär von der Abfolge von Inhalten aus, sondern von den erforderlichen Lernprozessen und Lerngelegenheiten her konzipiert werden. Das bedeute, dass der Lehrer zwar weiterhin für die Bereitstellung von Wissenselementen verantwortlich ist, aber eben auch für solche Situationen sorgen muss, in denen dieses Wissen zeitnah und möglichst selbstständig zur Anwendung gebracht werden kann (Lersch 2011, S. 41f.).

Einteilung von Methoden: Für die Einteilung der vielfältigen methodischen Erscheinungsformen existieren unterschiedliche Taxonomien. In den meisten Fällen orientieren sich die allgemeindidaktischen Klassifikationsversuche am zeitlichen, planerischen oder organisatorischen Umfang der Interaktions- und Aktivitätsformen zwischen Lehrer und Schüler, den Schülern untereinander oder zwischen Schüler und Lerngegenstand.
Ein allgemeines Methodenraster stellen beispielsweise Gudjons, Teske und Winkel 1991 vor. Es beruht auf der Analyse des Ausmaßes an Kommunikation zwischen Lehrer, Schülern und Lerngegenständen und unterscheidet in ein- und mehrpolige Interaktionsformen. Eine verbreitete Systematik zur Klassifikation des methodischen Repertoires ist nach wie vor die von Wolfgang Schulz (1965). Sie weist fünf Ebenen auf, die in einem dependenten und hierarchischen Verhältnis zueinanderstehen. Grundlage für die Einteilung ist das Ausmaß der vom Lehrer getroffenen Entscheidungen in Bezug auf organisatorische und soziale Aspekte. Der untersten Ebene der Systematik lassen sich relativ kurzfristig von der Lehrkraft vorgenommene Methodenentscheidungen wie Lob und Tadel oder Ermunterung zuordnen. Sie werden als Urteilsformen bezeichnet. Darüber befindet sich die Ebene der Aktionsformen, Hierzu zählen u.a. der Lehrervortrag, Experimente oder auch die Lehrerfrage. Auf der darüber liegenden Ebene der Sozialformen können folgende Formen unterschieden werden: Frontalunterricht, Gruppenunterricht oder Einzelarbeit bzw. Stillarbeit. Grundsätzlicher Natur und damit wiederum übergeordnet ist die Frage des Stufenaufbaus bzw. Artikulationsschemas des Unterrichts (z.B. in Einstieg, Phase der Erarbeitung mit Lernschritten und Wiederholung). Die oberste Ebene in diesem Modell ist den umfassenden Methodenkonzeptionen vorbehalten. Dazu zählen u.a. die Projektmethode, induktive oder deduktive Methoden.
Auch Hilbert Meyer (1987a, S. 235 ff.) stellt ein Klassifikationsschema methodischen Handelns

vor. Für ihn konstituiert sich der methodische Gang des Unterrichts auf basaler Ebene in Handlungssituationen, d.h. kurzen Unterrichtsszenen, die von Lehrer und Schüler mit subjektivem Sinn belegt sind. Aus der Kombination mehrerer Handlungssituationen entstehen komplexere Handlungsmuster (z.B. Lehrervortrag, Schülerreferat, Unterrichtsgespräch, Tafel- oder Textarbeit). Diese wiederum können zu methodischen Großformen arrangiert werden (z.B. Lehrgang, Kurs, Projekt, Lektion). Da wohl nicht alle, in der Literatur als Methoden aufgeführten Erscheinungen in dieses Schema passen, schlägt Meyer (2004, S. 74f.) zu Ordnungszwecken ein dreistufiges Raster vor. Zur Mikromethodik zählt er verschiedene, kurzfristige Inszenierungstechniken, wie Zeigen, Vormachen oder Input geben. Unter den Begriff Mesomethodik fallen Sozialformen, Handlungsmuster oder Verlaufsformen. Die Makromethodik umfasst die von ihm so genannten methodischen Großformen bzw. Grundformen des Unterrichts wie Freiarbeit, Lehrgänge oder Projektarbeit.
Während sich die eben aufgeführten Klassifikationsschemata vorrangig an der Reichweite sowie der Verlaufs- und Handlungsstruktur der sozialen Interaktionen der am Unterricht Beteiligten orientieren, fokussiert die in den Fachdidaktiken gesellschaftswissenschaftlicher Fächer gebräuchliche Einteilung von Methoden vor allem den Realitätsbezug. Unterschieden wird hier in Simulationsverfahren und Verfahren der Realbegegnung (vgl. z.B. Kolb 1981). Im Fokus der Simulationsverfahren steht dabei das sanktionsfreie, weil „nur“ simulierte Probehandeln, das seine Möglichkeiten durch die Auseinandersetzung des Lerners mit einem Modell, also einem Abbild bzw. Stellvertreter des Originals, entfaltet. Eigentümlich für die Methoden der Realbegegnung ist dagegen die Chance zum unmittelbaren Erfahrungsaufbau sowie zur Überprüfung oder Vertiefung bereits angebahnter Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten im realen Vollzug. Die den einzelnen Bereichen üblicherweise zugeordneten Methoden sind in Tabelle 3.1 aufgeführt.

Tab. 3.1: Simulative Methoden und Methoden der Realbegegnung

Simulationsverfahren	**Verfahren der Realbegegnung**
- Fallstudie	- Betriebspraktikum
- Simulationsspiel	- Betriebserkundung
- Rollenspiel	- Experteninterview
- Planspiel	
- Brainstorming	

Verfahren wie das Projekt, die Leittextmethode oder technikaffine Aufgabenarten, wie die Herstellungs-, Instandhaltungs- oder Wartungsaufgabe integrieren Eigenschaften beider Methodengruppen. Sie lassen sie sich mit dem Label realitätsnahe oder projektorientierte Methoden etikettieren.
Als weiteres Einteilungskriterium für Methoden wird die bereits angesprochene Affinität einer Methode zum jeweiligen Fach bzw. zur jeweiligen Domäne herangezogen. Je nachdem, wie die Kongruenz der Methode zu Zielen, Inhalten oder auch zur Methodologie der mit dem Fach verbundenen Wissenschaftsdisziplinen eingestuft wird, lässt sie sich als fachspezifisch, fachtypisch oder auch fachfremd charakterisieren. Bezogen auf den schulischen Technikunterricht können klassische oder fachspezifische Methoden technischer Bildung von alternativen oder fachtypischen Methoden unterschieden werden.
Insgesamt tragen diese Einteilungsmöglichkeiten, da sie ja für verschiedene Fächer und Lernbereiche gleichermaßen Verwendung finden, wenig zur fachdidaktischen bzw. technikdidaktischen Aufklärung von Methoden bei. Hierzu müssten Lerner, Technik und Methoden stärker aufeinander bezogen werden.

3.2 Strukturüberlegungen zu Methoden technischer Bildung

Mit Blick auf die komplexen Strukturen der Technik erscheint es sinnvoll, den grundsätzlichen, auf verschiedenste Bildungsbereiche übertragbaren Methodenklassifikationen solche beizustellen, die näher an diesen Kulturbereich heranreichen.
Wie der geschichtliche Rückblick auf die technische Bildung offenbarte, wurde die Suche nach geeigneten Methoden vor allem im beruflichen Bildungsbereich forciert. Im ersten Drittel des letzten Jahrhunderts kam es dort zu einer Intensivierung methodischer Überlegungen. Mit der Kunsterziehungs- und Arbeitsschulbewegung formierten sich zudem jene Stränge, die dann das Ringen um werk- bzw. technikdidaktische Positionen in den 1960er Jahren mit beeinflussten. Im Zuge der Institutionalisierung technischer Bildung wurden verschiedene Vorschläge für eine Fachmethodik entwickelt. Trotz dieses Bestands an Konzepten und Methodenreflexionen kann von einer umfassenden Didaktik und Methodik technischer Bildung nicht gesprochen werden. Dass eine solche allgemeingültige Theorie methodischer Entscheidungen für den Bereich technischer Bildung bis heute fehlt, liegt sicher auch an der Differenziertheit der Technik selbst. Vor allem aber sind es die Bildungsstrukturen (z.B. berufliche, allgemeinbildende Schulen), die vorherrschenden Fachkonstellationen (z.B. Einzel- oder Sammelfach) sowie die daraus resultierenden unterschiedlichen technikdidaktischen Ansätze, die einer Vereinheitlichung des Methodenrepertoires technischer Bildung im Wege stehen.
Auch hier soll nicht der Versuch unternommen werden, die vorhandenen Ansätze zur Analyse und Auswahl der Methoden technischer Bildung durch ein allgemeingültiges Entscheidungssystem abzulösen. Ziel ist es jedoch, ein Set an Kriterien zu entwickeln, mit dem Lehramtsstudierende und Praktiker ihre Methodenentscheidungen für den Bereich der Technischen Bildung legitimieren und analysieren können. Dieses Ziel macht es zunächst erforderlich, dass relevante Merkmale anhand der existierenden Methodenreflexionen identifiziert werden.

Strukturmerkmale der Methoden in der Technikdidaktik: Ein Aspekt, der praktisch in allen technikdidaktischen Methodenreflexionen Anlass zu Distinktionsbemühungen bietet, bezieht sich auf die Technikaffinität. Daraus resultiert die Unterscheidung in fachspezifische (auch technikspezifische oder fachaffine) bzw. fachübergreifende Methoden. Diese Trennung entspringt – wie in anderen Fächern oder Bildungsbereichen auch – im Wesentlichen der Annahme, dass für die Aneignung fachlicher bzw. domänenspezifischer Qualifikationen eigene Methoden erforderlich sind. Den fachspezifischen Methoden kommt zudem eine Doppelrolle zu. Neben ihrer Funktion zur Anbahnung technikorientierter Kompetenzen, sind sie selbst elementarer Bestandteil eben dieser Kompetenzen. Bei den fachspezifischen Methoden überdecken sich daher die Dimensionen Sachbegegnung, Lerninhalt und ggf. auch Lernhilfe.
Wilkening (1977, S. 15) ordnet den fachspezifischen Methoden im Lernbereich Technik die Werkaufgabe, die Werkanalyse, das technische Experiment sowie den Lehrgang zu. Den aufgeführten Methoden weist er vorrangig Aufgaben bei der Förderung von Fachkompetenz, beziehungsweise bei der Umsetzung inhalts- und verfahrensbezogener Lernziele zu. Projekt, Fallstudie, Planspiel und Gespräch werden dagegen als fachübergreifende Verfahren bezeichnet, die eher auf verhaltens- und wertungsbezogene Lernziele rekurrieren. Henseler und Höpken (1996, S. 53ff.) unterscheiden ebenfalls zwischen den nicht technikspezifischen und den fachspezifischen Unterrichtsverfahren. Letzteren werden Analogien zu den Vorgehensweisen in den Bezugswissenschaften der Technik attestiert. Unterrichtsverfahren für den Technikunterricht können sich nach Ansicht der Autoren an technischen Handlungen orientieren, die bei der Hervorbringung, Verwendung oder Außerbetriebnahme technischer Artefakte oder Systeme zum Einsatz kommen. Gemeint sind damit nicht in erster Linie die handwerklichen Realisierungsmöglichkeiten oder Fertigkeiten, sondern die jeweiligen kognitiven Modelle, die zu reflektiertem und strategischem Vorgehen und Problemlösen befähigen. Diese „technischen“ Methoden lassen sich nach ihrer Zielrichtung weiter differenzieren. Henseler und Höpken (ebd., S.

41) unterscheiden sie in Methoden der Einordnung und Bewertung, in antizipierende, realisierende, vereinfachende/systematisierende und analysierende Methoden. Methoden werden hier demnach als didaktisch-methodische Anleihen planmäßigen Vorgehens in den einzelnen Produktlebensphasen (Planung, Entwicklung, Fertigung, Distribution, Verwendung oder Recycling) oder den dort jeweils notwendigen Arbeitsschritten und Unterphasen betrachtet.
Auch Jörg-Peter Pahl (2008) setzt sich intensiv mit der Methodik arbeits- und technikorientierter Bildung auseinander. Eher allgemeindidaktisch differenziert er das Feld methodischer Entscheidungen nach ihrer Reichweite in die Makro- und Mikro-Ebene (ebd. S. 50f.). Das Distinktionskriterium für Methoden mit fachübergreifendem und fachspezifischem Charakter sieht Pahl (2008, S. 90ff.) in der jeweiligen Zielfokussierung: Während erstere, wie zum Beispiel das Planspiel, die Fallstudie oder die Zukunftswerkstatt ihr Potenzial hauptsächlich bei der Anlage von Sozial- und Humankompetenzen ausspielen, dienen die technikspezifischen Methoden vorrangig der Ausbildung von inhaltlichen und fachmethodischen Kompetenzen. Den Produktlebensphasen billigt er ähnlich wie Henseler und Höpgen eine besondere Strukturierungsfunktion für das fachspezifische Methodenrepertoire zu (ebd. S. 96). Jede einzelne Phase der Produktentstehung kann Ausgangspunkt für ein Unterrichtsverfahren sein und in methodischer Hinsicht noch weiter differenziert werden: Wird die Handlung in der entsprechenden Phase selbst ausgeführt, müssen dabei verschiedene Denk- und Handlungsschritte zusammengefügt werden. Der Erkenntnisprozess lässt sich als Synthese charakterisieren, die Lernresultate bleiben relativ offen. Ist die Umsetzung der Handlung selbst zwar nicht Teil des methodischen Ganges, aber Betrachtungsgegenstand, setzt der Erkenntnisprozess vorrangig auf Analyse, also die Zerlegung eines komplexen Sachverhaltes in seine Bestandteile. Da hier das technische System, die technische Handlung oder der Prozess bereits vorgegeben sind, bleibt die Streuung der möglichen Lernwege und Resultate eingeschränkt.
Die technikspezifischen Methoden unterteilt Pahl weiter in Methoden mit fachlich-inhaltlichen und fachlich-prozessualen Zielsetzungen. Während Methoden mit fachlich-inhaltlichen Zielsetzungen, wie das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch, der Vortrag oder der Lehrgang hauptsächlich dem Verständnis des technisch-naturwissenschaftlichen oder arbeitsbezogenen Kontextes dienen (ebd. S.107ff.), subsummiert er unter fachlich-prozessualer Zielsetzung solche Methoden, die vorrangig der Aneignung von Wissen über technische Prozesse und Verfahren verpflichtet sind (ebd., S. 165ff.). Methoden wie die Arbeitsprozessanalyse, die Funktionsanalyse, das Technische Experiment, das Technische Projekt, Konstruktions-, Fertigungs- oder Instandhaltungsaufgabe basieren in den meisten Fällen selbst auf Abläufen und Prozessen, die ihren Ursprung entweder im realen System ökonomischer Wertschöpfung haben oder aus diesem abgeleitet werden können. Ein Nachvollzug dieser Abläufe bietet nach Ansicht des Autors Chancen in zweierlei Hinsicht. Zum einen können kognitive, fachbezogene Fähigkeiten, die Verfahrenskenntnisse betreffen, erlernt werden. Zum anderen lassen sich manuelle Fertigkeiten zur Umsetzung entsprechender technik- bzw. arbeitsspezifischer Verfahren anbahnen.
Winfried Schmayl (1999, S. 5ff.) analysiert die Methoden in Bezug auf ihre spezifischen Gegenstandsdimensionen und damit in Bezug auf ihre grundsätzliche intentional-inhaltliche Funktion. Er unterscheidet zwischen Methoden, die die Technik in ihrer sachtechnischen Dimension thematisieren und solchen, die eher der Thematisierung der human-sozialen Dimension der Technik dienen (s. Tabelle 3.2). Letztere zielen darauf ab, die Auseinandersetzung mit Technik auf einer Ebene zu führen, in der die Technik sowohl als Ziel menschlichen Entscheidens und Handelns als auch als Mittel zum Erreichen bestimmter Ziele ersichtlich wird. Es geht also darum, Einblicke in die menschliche Lebenspraxis und Kultur zu verschaffen. Neben dem Kriterium der Gegenstandsdimension führt Schmayl ein weiteres Hauptgliederungskriterium ein – die Lernrichtung. Bei den Methoden des genetisch-produktiven Lernens sieht er den Schüler in einer aktiveren, weil problemlösenden, produktiven oder handlungsorientierten Rolle. Im Überlappungsbereich mit der Sachdimension orientieren sich die Methoden stark am Entstehungs-

prozess technischer Artefakte. Bezogen auf die Humandimensionen ermöglichen sie das Probehandeln im Rahmen soziotechnischer Gestaltungs- oder Problemlösungsprozesse. Das instruierend-analytische Lernen setzt für Schmayl dort an, wo der genetisch-produktiven Linie aufgrund des mangelnden Vorwissens der Schüler oder aufgrund hoher Komplexität der Thematik Grenzen gesetzt sind. Im Kontext der Sachdimension sollen die Methoden die Aneignung strukturierter Kenntnisse und Fertigkeiten erlauben. Auf der Ebene der Humandimension dienen die Methoden vor allem dem Aufschluss soziotechnischer Phänomene außerhalb der Schule.

Tab. 3.2: Einteilung der Methoden im Technikunterricht (s. Schmayl 1999)

		Lernrichtungen	
		Genetisch-produktives Lernen	Instruierend-analytisches Lernen
Gegenstandsdimensionen	Sachdimension erschließend	Experiment Konstruktionsaufgabe Fertigungsaufgabe Instandhaltungsaufgabe Recyclingaufgabe	Lehrgang Produktanalyse
	Humandimension erschließend	Projekt Fallaufgabe Planspiel	Erkundung Technikstudie Werkbetrachtung(/-analyse)

Bernhard Bonz (2001, S. 173ff) gibt zu bedenken, dass Methoden hinsichtlich allgemeiner und spezifischer bzw. fachlich-inhaltlicher und fachlich-prozessualer Ziele nicht immer exakt unterschieden werden können. Für die nähere Bestimmung von fachspezifischen Methoden (hier für die Methoden im metalltechnischen Unterricht beruflicher Schulen) gibt er deshalb einer hierarchischen, nach Entscheidungsebenen differenzierten Methodenwahl den Vorzug. Ausgehend von der Wahl einer bestimmten Gesamtkonzeption des Unterrichts, die hauptsächlich den inhaltlich-prozessualen Lernzielen zu entsprechen hat, sollen anschließend Entscheidungen in Bezug auf Aktionsformen, Sozialformen, Artikulation, Lehrgriffe und Medien getroffen werden.

Fazit: Die Sichtung der vorliegenden Klassifikationen ergibt verschiedene Kriterien für die Analyse und Auswahl von Methoden. So lässt sich mit Blick auf die intentional-inhaltliche Orientierung technikbezogener Bildungsprozesse beispielsweise zwischen einer Human- und einer Sachdimension unterscheiden. In Abhängigkeit von dieser Zielorientierung wird bestimmten Methoden eine spezifische Eignung zugeschrieben (vgl. Wilkening 1977; Schmayl 1999). Für die Auswahl von Methoden zur Erschließung der Sachdimension kann eine Orientierung an den Phasen des Produktlebenszyklus sowie den dort vorherrschenden Handlungen und Problemlösemethoden erfolgen (vgl. Henseler & Höpgen 1996; Pahl 2008). Ein strukturbestimmendes Kriterium technikaffiner Methoden ist ferner die Qualität des mit der Methode verbundenen Erkenntnisprozesses, der grundsätzlich entweder einen analytischen oder synthetisierenden Charakter aufweisen kann (u.a. Henseler & Höpgen 1996; Pahl 2008). Für die Unterrichtsgestaltung von Bedeutung ist außerdem die Ausrichtung des Lernprozesses, die durch

die jeweilige Methode mitbestimmt wird. Hier lässt sich die grundsätzliche Orientierung zum Beispiel anhand der Gegensatzpaare instruktiv-entdeckend oder inhaltlich-prozessual näher bestimmen (vgl. Pahl 2008; Schmayl 1999).

Die vorgestellten Methodenklassifikationen mit ihren Distinktionskriterien sollen die Auswahl von Methoden und ihre Zuordnung zu Lernzielen und Lerninhalten erleichtern. Verschiedene, sowohl für die didaktische Reflexion als auch die praktische Umsetzung technikbezogener Bildungsprozesse wichtige Aspekte bleiben jedoch unklar oder unscharf. Dies gilt etwa für die Trennung in fachspezifische und fachübergreifende Methoden. Hier bezieht sich die Charakterisierung der Methoden auf Systematiken, die an Wissenschaftsdisziplinen, Schulformen und Fachkonstellationen ausgerichtet sind, nicht aber auf den eigentlichen Objektbereich technischer Phänomene oder Probleme. Auch die Unterscheidung von Methoden nach der Sach- und Humandimension ist diskussionswürdig. Fraglich ist beispielsweise, ob sich die zweckgebundene Sachtechnik ohne weiteres der Humandimension entledigen lässt oder ob die Humandimension der Technik ohne ausreichend Sachkenntnis richtig erschlossen werden kann.

Eine Sichtung der technikwissenschaftlichen Methodenliteratur deutet ferner darauf hin, dass der Fundus an technikaffinen Methoden im Bildungsbereich möglicherweise erweitert werden muss. Zusätzlich zu „klassischen“ Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden finden sich dort verschiedene Methodenstränge, die bisher in der technikdidaktischen Literatur eher unterbelichtet sind. Müller (1990) zählt beispielsweise Methoden zur Präzisierung der Aufgabenstellung, Such- oder Bewertungsmethoden eindeutig zu den ingenieurmäßigen Arbeitsmethoden. Henseler und Höpken (1996, S. 57ff.) bringen ihre technikspezifischen Unterrichtsverfahren zwar mit solchen Methoden in Verbindung, die umfangreiche Methodik zur Technikbewertung bleibt dagegen weitgehend unberücksichtigt. Der Entscheidungsraum für Aufgaben im Rahmen von Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzungen genauso wie der für Innovationsförderung und Technikpotenzialabschätzung ist durch Komplexität und Unsicherheit geprägt. Die dabei relevanten Parameter mit geeigneten Methoden zu finden, zu strukturieren und zu beurteilen ist ein Anliegen technikwissenschaftlicher Forschung, es sollte aber auch ein Anliegen technischer Bildung sein.

Nur geringe Beachtung wird in den Klassifikationen zudem dem Aspekt eingeräumt, dass die fachübergreifenden Methoden wie Projekt, Lehrgang, Fallstudie oder Expertenbefragung zumindest in den didaktisch konzipierten Formen bereits eine inhärente Lernstruktur aufweisen, wohingegen die klassischen technikaffinen Methoden in ihrer Umsetzung noch stark an der eigentlichen technischen Praxis orientiert sind. Unberücksichtigt bleibt somit, dass gerade die so genannten „technikaffinen Methoden“ ja eigentlich Arbeits- und keine Lernmethoden darstellen. Der Lernende muss sich daher die entsprechenden Operationsfolgen, Vorgehensweisen und Denkschemata erst aneignen, während sie der berufserfahrene Könner oder Spezialist bereits verinnerlicht hat. Dort, wo die spezifischen Handlungsregulationen noch nicht inkorporiert sind, stellt der fachlich-methodische Gang für den Lerner ggf. ein Problem dar, das sich nur durch die Aufmodellierung einer eigenen Lernmethodik zufriedenstellend lösen lässt. Dazu bedarf es der Umsetzung lernpsychologischer oder pädagogischer Erkenntnisse.

Auch für eine Fortentwicklung des Methodenrepertoires technischer Bildung ergeben die vorhandenen Klassifikationen und Merkmale noch keine hinreichende methodologische Basis. Die aktuelle Technik konstituiert sich infolge der Digitalisierung in anderen fachlichen Konstellationen, als es die noch stark an der materiellen Basis der Technik orientierte Technikdidaktik derzeit abbildet. Oft stehen heute in der Technik nicht mehr reale Objekte im Vordergrund, sondern nur mehr ihre Repräsentationen. Der gewachsenen Bedeutung des informatorischen Anteils am technischen Bewirken muss somit auch im Methodenspektrum mehr Aufmerksamkeit zukommen. Helfen kann hier beispielsweise der Einsatz von Simulationen.

Analyse, Auswahl und Erweiterung von Lern- und Unterrichtsmethoden für einen bestimmten Lernbereich sollten generell vor dem Hintergrund einer methodologischen Analyse erfolgen,

bei der einerseits dem zu durchdringenden Gegenstandsbereich und andererseits den Erkenntnisprozessen des lernenden Subjekts ausreichend Beachtung eingeräumt wird.

3.3 ZIEL-System als Grundlage für methodische Entscheidungen

Grundlage für eine Methodologie ist in der Regel ein System von Kriterien oder Prinzipien, das entweder eine fundierte Analyse der in Frage kommenden Methoden unterstützt oder bei der Schaffung neuer Methoden behilflich ist. Die Kriterien sollten Beurteilungen zulassen, und zwar bezüglich

- des Realitäts- oder Aufgabenbereichs, der mit den Methoden zu bewältigen ist,
- der gegebenen Voraussetzungen und Funktionen, die zu erfüllen sind sowie
- der Grenzen des Einsatzes der Methoden (vgl. Müller 1990, S. 2).

Eine Methodologie sollte darüber hinaus praxistauglich, also nicht zu umfangreich und komplex sein und eine überschaubare Anzahl an Auswahlschritten und Auswahlkriterien zur Typisierung der Anforderungssituationen bereithalten.

Schritte zur Auswahl von Methoden technischer Bildung: Die im Abschnitt 3.1 dokumentierten allgemeinen Überlegungen verdeutlichen die didaktische Reichweite methodischer Entscheidungen. Mit den aus der technikdidaktischen Literatur extrahierten Kriterien in Abschnitt 3.2 wird der Blick auf den mit Methoden zu vermittelnden Sachverhalt gelenkt. Darüber hinaus sind methodische Entscheidungen im Rahmen technischer Bildungsprozesse außerdem immer an den jeweiligen Kontextbedingungen zu orientieren. Grundsätzlich empfiehlt sich daher für Methodenfragen ein strukturiertes und planmäßiges Vorgehen.
Für Paul Heimann (1962, S. 420) integrieren unterrichtliche Methodenbeschlüsse jeweils fünf Einzelentscheidungen, nämlich über die Artikulation des Unterrichts, die Gruppen- und Raumorganisation, die Lehr- und Lernweisen, die methodischen Modelle sowie über die anerkannten Handlungs- und Gestaltungsgrundsätze. Rainer Winkel (1991, S. 20) sieht den Lehrer bei Methodenentscheidungen mit folgenden Fragen konfrontiert: Ist die Methode inhaltsbezogen? Trägt sie der Individuallage des/der Schüler/s Rechnung? Vermögen Lehrer und Schüler sie zu handhaben? Ist sie pädagogisch-didaktisch legitimiert? Kann sie unter den jeweiligen schulisch-unterrichtlichen Gegebenheiten realisiert werden? In ähnlicher Weise wie Heimann sieht auch Bernhard Bonz (2001, S. 173ff.) die Festlegung des methodischen Geschehens als Abfolge hierarchisch-sequentieller Entscheidungen. Ausgehend von Zielvorgaben ergibt sich demnach eine Gesamtkonzeption bzw. ein grundsätzlicher methodischer Entschluss, der Einfluss auf nachrangige Entscheidungsebenen nimmt und zu einer Auswahl von Aktionsformen, Sozialformen, Artikulationsmustern, Lehrgriffen oder Medien führt.
Fasst man die verschiedenen allgemein- und technikdidaktischen Strukturüberlegungen zu Methoden zusammen, liegt der Fokus entsprechender Entscheidungen vorrangig auf folgenden Punkten: Auf den angestrebten Bildungsintentionen, der Eignung einer Methode für spezifische Lerninhalte, der Angemessenheit für die individuelle Erkenntnisgewinnung sowie den Möglichkeiten, die die Methode für die Gestaltung von Lernprozessen bietet. Daraus ergeben sich vier Auswahlschritte für Methodenentscheidungen:

1. Ausgangspunkt jeglicher Erziehungs- und Bildungsbemühungen – und damit auch der Einsatz spezifischer Methoden – ist eine Orientierung an möglichst rational begründeten bzw. legitimierten Zielen. Am Anfang steht demnach die Frage, was durch die Bildungssituation erreicht werden soll.
2. Um den Zielen bzw. Kompetenzen zu entsprechen, gilt es ferner, spezifische Inhalte in den Erkenntnis- und Erlebnishorizont der Zielgruppe zu bringen. Methodenentscheidungen in Bezug auf inhaltliche Aspekte abzugleichen, ist daher ein weiterer wichtiger Schritt.

3. Erkenntnis wird sowohl als Vorgang aufgefasst, in deren Verlauf sich der Mensch des Wesentlichen eines Seienden oder Sachverhalts gewahr wird, als auch als Ergebnis dieses Vorganges selbst. Über die Begriffe Kenntnis oder Erfahrung reicht Erkenntnis insofern, als sie idealerweise zur Reflexion darüber befähigt. Ob und inwiefern einzelne Methoden geeignet sind, die Erkenntnistätigkeit zu unterstützen, ist bei diesem Schritt zu untersuchen.
4. Der letzte Schritt legt den Fokus auf die besonderen Möglichkeiten, die das institutionell oder schulisch organisierte Lernen der Erkenntnisgewinnung beizusteuern in der Lage ist. Zu fragen ist hier, welche Lernhilfen dem Lernenden mit einer Methode an die Hand gegeben werden beziehungsweise, wie der methodische Gang im Hinblick auf das Lernergebnis optimiert werden kann.

Kurz gefasst lassen sich die Auswahlschritte für Methodenentscheidungen folgendermaßen formulieren:

1. Ziel: Was soll erreicht werden?
2. Inhalt: Woran soll es erreicht werden?
3. Einsicht/Erfahrung/Erkenntnis: Wie gelangt der Lerner grundsätzlich zu Einsicht, Erfahrung und Erkenntnis?
4. Lernprozess/Lernhilfe: Wie muss der Lernprozess daher gestaltet bzw. unterstützt werden?

Gewinnung der Auswahlkriterien: Für die Beantwortung der oben aufgeführten Fragen entlang der Auswahlschritte braucht es Kriterien. Sie lassen sich anhand verschiedener Wissenschaftsdisziplinen identifizieren und legitimieren. Von Bedeutung sind dabei solche Disziplinen, die sich in besonderem Maße dem Verhältnis zwischen den Elementen des Erkenntnisgeschehens im Rahmen unterrichtlicher oder wissenschaftlicher Methoden zuwenden. Bei diesen Elementen handelt es sich einmal um das Objekt, hier also den technischen oder von der Technik induzierten Sachverhalt, um die Methode, diesen Sachverhalt zu erschließen und um das lernende oder forschende Individuum.

Impulse für eine Typisierung der Anforderungssituation von Methoden sind auf alle Fälle aus Richtung der Pädagogik bzw. Technikdidaktik zu erwarten. Pädagogik als angewandte Wissenschaft versteht sich ja selbst als Vermittlerin zwischen Gegenwart und Zukunft, öffentlichen und privaten Erwartungen und zwischen Subjekt und Objekt. Die Thematisierung der „Vermittlerrolle“ von Methoden im Rahmen von Erziehungs- und Bildungsaufgaben hat in der Pädagogik daher Tradition. Die Leitfragen zur Auffindung geeigneter Kriterien für Methoden beziehen sich aus dieser Richtung auf die besondere Qualität des Verhältnisses zwischen dem lernenden Subjekt und dem zu erlernenden oder anzueignenden Objekt. Welches Verhältnis zwischen Lerner und Gegenstand oder Objekt soll die Methode schaffen und wie kann das Erziehungs- und Bildungspersonal dabei behilflich sein, wird man hier fragen.

Was die kognitiven und motivationalen Aspekte von Methoden anbelangt, sind Anforderungskriterien aus Richtung der Psychologie zu erwarten. Lern- oder kognitionspsychologische Erkenntnisse können Ansatzpunkte hinsichtlich der notwendigen Qualität des Verhältnisses Subjekt und Methode liefern. Wie muss die Methode im Hinblick auf den Lerner beschaffen bzw. gestaltet werden? Diese Fragen stehen hier im Mittelpunkt.

Dass sich der methodische Diskurs innerhalb der Pädagogik auch auf erkenntnistheoretische und wissenschaftstheoretische Überlegungen stützt, ist Anlass, die methodologischen Zusammenhänge der mit Technik befassten Wissenschaften – also vorrangig der Technikwissenschaften aber auch der Naturwissenschaften – genauer in den Blick zu nehmen. Theodor Litt (1959, S. 59) bezeichnet die Methode dort als Mitte, durch die die beiden äußeren Glieder aufeinander bezogen werden: „*Der Mensch wird Subjekt, indem er sich nach Anweisung der Methode auf*

das Objekt hin ausrichtet. Das Wirkliche wird Objekt, indem es sich nach Anweisung der Methode dem Subjekt entgegenformt."

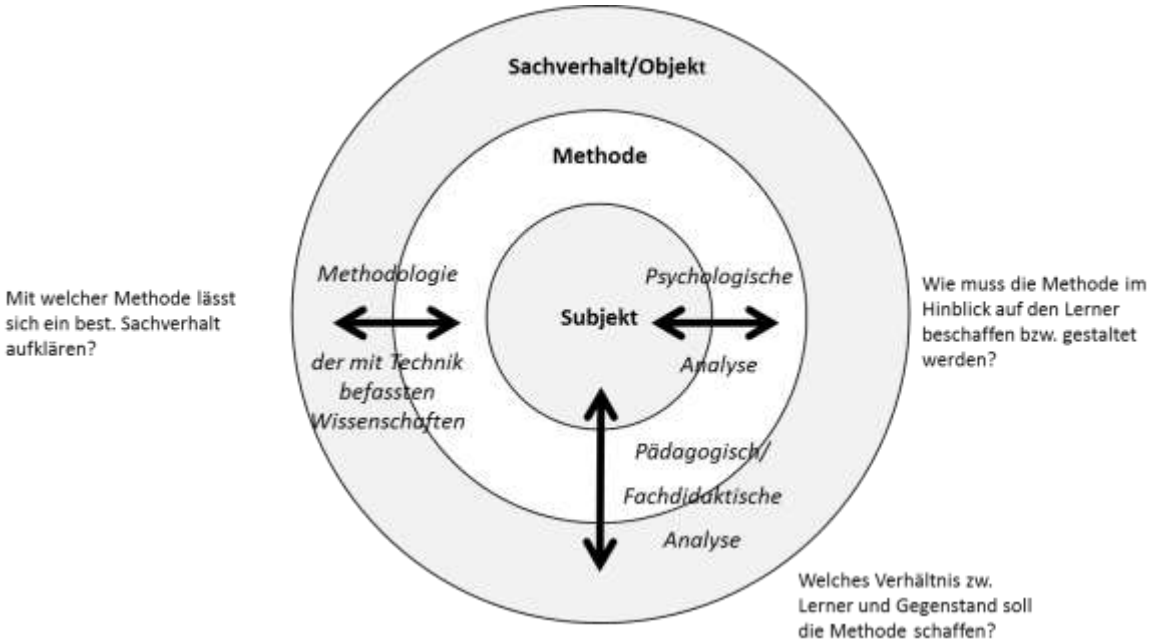

Abb. 3.2: Methodenaufklärung durch Wissenschaftsdisziplinen

Während sich die Methodenfrage innerhalb der Pädagogik und Psychologie als Gegenstand erziehungswissenschaftlicher Forschungen darstellt, die dort zu suchenden Hinweise für die Auswahl von Methoden daher selbst Forschungsergebnisse sind, sind Methodenentscheidungen in den technischen Bezugswissenschaften erst Teil des Weges zu Erkenntnissen. Zu solchen werden Methodenfragen jedoch aus wissenschaftstheoretischer Perspektive. Aufklärung hinsichtlich der Passung zwischen dem zu klärenden Objekt und einer bestimmten Methode als Erkenntnisinstrument verspricht daher der Nachvollzug methodologischer Entscheidungen in den Technik- und Humanwissenschaften. Die Ausgangsfrage lautet hier, mit welcher elaborierten kulturellen oder wissenschaftlichen Praxis des Erkennens und Handelns sich ein bestimmter Sachverhalt aufklären oder bearbeiten lässt.

Aus Richtung einer jeden, der genannten Wissenschaftsdisziplinen kann daher mit einer Aufklärung für eine bestimmte „Paarbeziehung" im Verhältnis von Objekt, Methode und Subjekt gerechnet werden (s. Abb. 3.2). Gleichwohl liefern alle Wissenschaftsdisziplinen Kriterien für die einzelnen Auswahlschritte.

Die nachfolgende Abbildung 3.3 zeigt die Auswahlschritte und Leitfragen für die Gewinnung von Auswahlkriterien noch einmal im Zusammenhang und gibt gleichzeitig einen Überblick über das „Arbeitsprogramm" der nachfolgenden Abschnitte. Auf der Grundlage der in der Tabelle aufgeführten Leitfragen sollen dort pädagogisch-fachdidaktische, wissenschafts- und erkenntnistheoretische sowie psychologische Auswahlkriterien identifiziert werden. Den Anfang machen pädagogisch-fachdidaktische Überlegungen zur Identifikation von Zielen und Inhalten sowie zur Erkenntnisgewinnung und zur Lernprozessgestaltung.

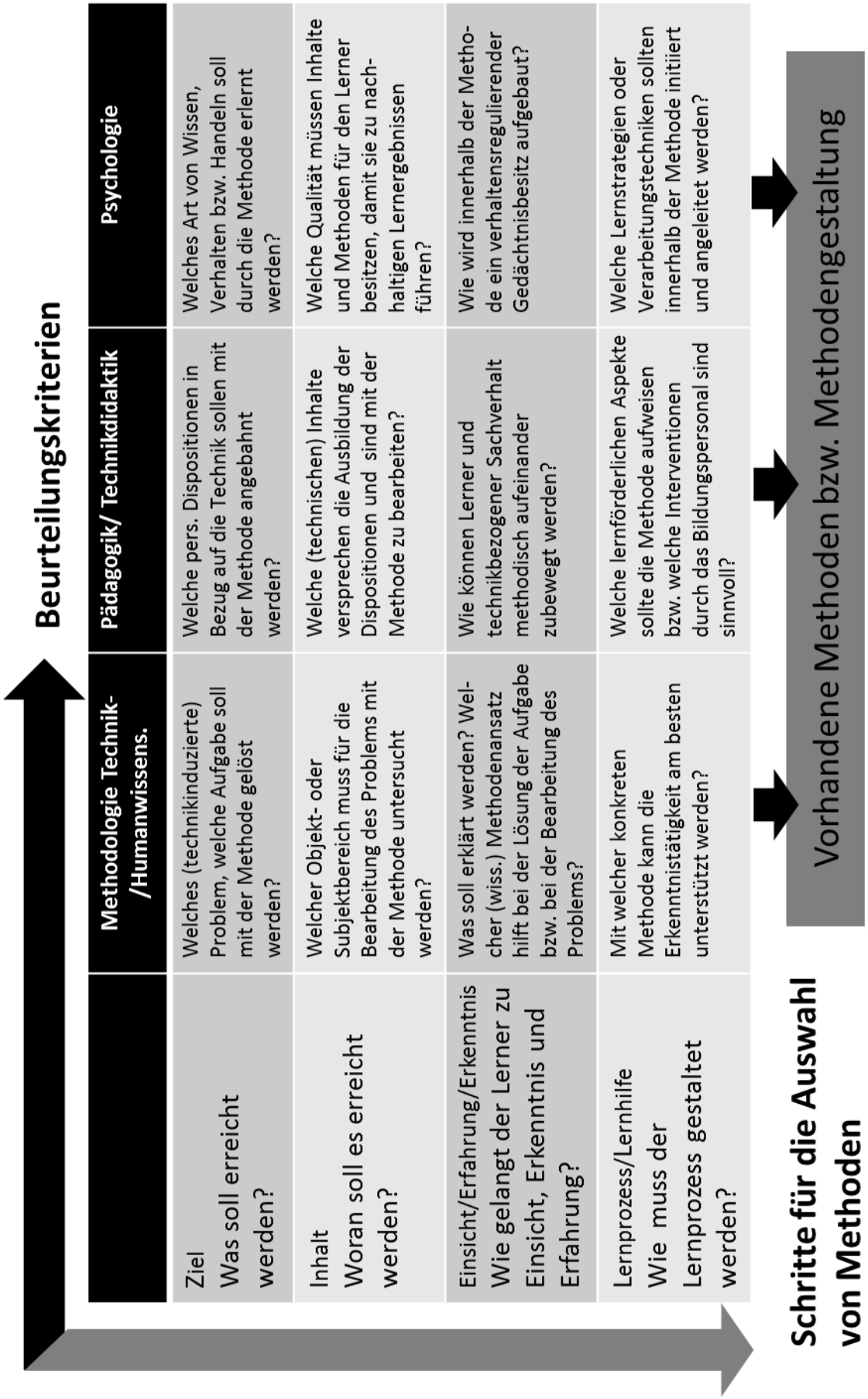

Abb. 3.3: ZIEL-System als Grundlage methodischer Entscheidungen

4 Methodenaufklärung durch pädagogische bzw. technikdidaktische Aspekte

Überblick über das Kapitel: Die Intention dieses Kapitels ist es, die für Methodenentscheidungen in technikorientierten Bildungsprozessen relevanten Überlegungen aus pädagogischer bzw. technikdidaktischer Sicht entlang der vorher definierten Auswahlschritte vorzustellen.
Bildungs- und Erziehungsprozesse erfolgen auf der Grundlage spezieller Intentionen, die auf Persönlichkeits- und Verhaltensänderungen abzielen. Der erste Abschnitt widmet sich daher dem Komplex der Identifizierung und Legitimation von Lernzielen technischer Bildung. Aufgezeigt wird eine Vorgehensweise, die bestehende Überlegungen zur Lernzielfindung integriert, allerdings offen bleibt für Veränderungen der Zielkategorien und ihrer inhaltlichen Ausrichtung. Die Absicht ist, ein schlüssiges Konzept für die Lernzielfindung vorzustellen, aufgrund dessen sich ein spezifischer Methodeneinsatz im Rahmen technischer Bildungsprozesse rechtfertigen lässt.
Die Sinngebung von Bildungs- und Lehrzielen, ebenso wie der vorgeschlagene Weg zur Konstruktion von Lernzielen folgt dabei weitgehend vorhandenen theoretischen Ansätzen: Technische Bildung wird zunächst als Teil der Allgemeinbildung charakterisiert. Dann wird auf das für curriculare Überlegungen so bedeutsame Konstrukt der Schlüsselprobleme rekurriert. Ausgehend von der Überlegung, dass eine ausschließliche Bindung des curricularen Suchprozesses an Schlüsselproblemen die Sichtweise verfestigt, Technik vor allem als Bürde zu begreifen, wird den „Schlüsselproblemen“ das Konstrukt „Schlüsselchancen“ beigestellt. Für eine Ableitung von Bildungszielen müssen beide Konstrukte im Hinblick auf verschiedene Erkenntnisperspektiven analysiert werden. Hierbei hilft der für curriculare Entscheidungen ebenfalls populäre Lebenssituationsansatz.
Während Schlüsselprobleme und -chancen die Gesellschaft als Ganzes betreffen, verweist das Lebenssituationskonzept als curricularer Ausgangpunkt konkreter auf das lernende Individuum. Die Definition von Lebenssituationen, Rollen und ihren Anforderungen ermöglicht die Eingrenzung konkreter Verhaltensperspektiven oder Kompetenzen.
Um die so gewonnenen Bildungsziele oder Kompetenzen in konkrete Lernziele zu fassen und sie methodisch zu realisieren, ist eine enge Ausrichtung auf Lerninhalte erforderlich. Der zweite Abschnitt ist daher der Konkretisierung der Lerninhalte technischer Bildung gewidmet. Als Lerninhalte lassen sich die Aneignungsobjekte im Lehr-/Lernprozess bezeichnen. Ihre Nutzung oder Anwendung durch die lernende Person können als Beleg für das Erreichen der im Vorfeld definierten Lehr-/Lernziele gelten. Zu den Kerninhalten technischer Bildung zählen naturwissenschaftliche Grundlagen, Kenntnisse über Sachtechnik und Technikgeschichte, technische Handlungen sowie Motive und Methoden der Technikbewertung. Bei der näheren Beschäftigung mit diesen Lerninhalten wird deutlich, in welch enger Beziehung sie untereinander und zu den technikspezifischen Lehr- und Lernmethoden stehen. Während es sich bei den technischen Handlungen um das *Know-how*, also das methodische Handlungswissen handelt, können die naturwissenschaftlichen Grundlagen und das Wissen um die Sachtechnik als Erkenntnisgrundlagen des *Know-hows* betrachtet werden. Kenntnisse aus der Technikgeschichte sowie Motive und Methoden der Technikbewertung wiederum verhelfen zur Reflexion über Sachtechnik und technische Handlungen.
Im Abschnitt 4.3 und 4.4 werden erkenntnis- und lernförderliche Aspekte beleuchtet, die Methoden aus pädagogischer Sicht aufweisen sollten. Das spezifisch Pädagogische wird dabei in der aktiven Ausgestaltung des Verhältnisses zwischen Lerner und Sache durch den Lehrenden gesehen. Der pädagogisch-didaktische Auftrag, dem lernenden Individuum zu Erkenntnissen zu verhelfen, formiert sich zum Beispiel in der Vorbereitung der Inhalte und der Lernumgebung. Impulse im Rahmen des methodischen Geschehens, etwa zur Motivation, Unterstützung

oder Reflexion, können als Lernhilfen aufgefasst werden. Sie werden im Abschnitt 4.4 behandelt. Eine Zusammenfassung schließt das Kapitel ab.

4.1 Welche Ziele werden im Rahmen technischer Allgemeinbildung angestrebt?

Nicht alle Ziele technischer Bildung können mit den gleichen Methoden erreicht werden. Aus pädagogischer und technikdidaktischer Sicht stellt sich daher die Frage nach dem Bezug zwischen Methoden und Zielen. Auf den ersten Blick erscheint hier ein Regelwerk sinnvoll, dass eine algorithmische Zuordnung verspricht. Ein solch starres Vorgehen in der Methodenfrage ist allerdings problematisch, weil ggf. relevante Voraussetzungen und Kontextbedingungen von Bildungseinrichtungen, Zielgruppen, oder Lehrpersonal unberücksichtigt bleiben würden. Zudem lebt die methodische Gestaltung von Lehr-/Lernprozessen auch von der Kreativität und Phantasie der Lehrenden. Gleichwohl kommt keine pädagogische Situation ohne reflektierte Intentionalität und Perspektive aus. Sie hilft bei der Planung, leitet das Handeln und schafft mögliche Evaluationsgrundlagen (vgl. Schulz 1985, S. 57f.). Ziel dieses Kapitels ist es, den Leser mit solchen Perspektiven vertraut zu machen.
Die entscheidenden Impulse zur Zielfindung kommen aus der Technikdidaktik, die sich mit der allgemeinen und der beruflichen Bildung in zwei Bezugsfelder gliedern lässt (vgl. Riedl 2018, S. 75). Neben Zielsetzungen und Inhaltseingrenzungen befasst sie sich mit Fragen der Erkenntnis- und Lernförderung in technischen Bildungsprozessen. Die allgemeinbildende Technikdidaktik wird von Bernd Zinn (2018a, S. 64) in Anlehnung an die Definition der KVFF (1998) als fachspezifische Didaktik definiert, „*die sich mit dem technikbezogenen Lehren und Lernen im Bezugsfeld der allgemeinen Grundbildung befasst. Die Technikdidaktik in der Allgemeinbildung befasst sich im Kern wissenschaftlich fundiert mit der Planung. der Durchführung und der Analyse des technischen Fachunterrichts an allgemein bildenden Schulen und Hochschulen. In der Technikdidaktik geht es um die Vorbereitung, Durchführung und Reflexion von Lehr- und Lernprozessen im Bezugsfeld der Technik. Es geht um die reflektierte Auswahl, Legitimation und didaktische Reduktion von technikrelevanten Lerngegenständen, um die begründete Formulierung von fachspezifischen Kompetenzen und Lernzielen des allgemein bildenden technischen Unterrichts, um die methodische Strukturierung von Lernprozessen sowie um die angemessene Berücksichtigung der Handlungsbedingungen der Lehrenden und Lernenden. Zudem beschäftigt sich die Technikdidaktik mit der Entwicklung und Erprobung von fachspezifischen Lehr- und Lernmaterialien*.“
Aufgrund der in den einzelnen Bundesländern recht unterschiedlichen, schulartspezifischen Ausprägungen und Verortungen des Technikunterrichts haben sich bisher nur wenige übergreifende technikdidaktische Positionen für den allgemeinbildenden Schulbereich entwickeln können. Die vorhandenen Konzeptionen betonen jeweils einzelne didaktische Aspekte (u.a. Legitimation des Faches, Ziele, Inhalte, Methoden, Stellung im Fächergefüge). Nach Schmayl & Wilkening (1995) und Schmayl (2003/2019) können die Ansätze folgendermaßen eingeteilt werden:

- Im allgemeintechnologischen Ansatz dominiert die Sache, die unter technikwissenschaftlichem Blickwinkel und unter den Kategorien der jeweiligen Bezugswissenschaft betrachtet wird.
- Beim mehrperspektivischen Ansatz liegt der Akzent auf der Verbindung zwischen Technik und Mensch. Naturale Voraussetzungen, stoffliche Bedingtheit, aber vor allem die menschliche Ziel- und Zweckorientierung bedingen eine Ambivalenz der Technik, der es aus unterschiedlichen Richtungen nachzuspüren gilt. Technik wird hier als bedeutender Beitrag für die Entwicklung der Person und seinem Weltverstehen verstanden.

- Der arbeitsorientierte Ansatz akzentuiert die gesellschaftliche Dimension von Technik, ordnet dabei jedoch die verschiedenen technikbezogenen Phänomene und Entwicklungen dem Arbeitsbegriff unter. Arbeit bildet die Gelenkstelle für das Verständnis der Technik im gesellschaftlichen, ökonomischen und politischen Kontext.

Da technische Bildung im Rahmen dieser Arbeit eher als fach- und institutionenübergreifende Bildungsaufgabe verstanden wird, werden die verschiedenen technikdidaktischen Ansätze zwar berücksichtigt, ohne ihnen aber durchgängig zu folgen.

(Bildungs-)zielorientierung von Bildungsmaßnahmen: Planungsgrundlage wie Projektionsfläche für didaktisch-methodische Entscheidungen in den unterschiedlichsten Bildungsmaßnahmen bilden vorher formulierte Ziele. Sie legen fest, welches Wissen, Verhalten oder welche Einstellung und Werthaltung bei der Zielgruppe erreicht werden soll. Die spezifischen Ziele einzelner schulischer Unterrichtsfächer rekurrieren dabei auf übergeordnete Bildungsziele. Dabei handelt es sich um mitunter gesellschaftlich diskutierte, wissenschaftlich und theoretisch mehr oder weniger stark fundierte und konstruierte, teilweise auch politisch formulierte und letztendlich in Verfassungen, Schulgesetzen und Lehrplänen kodifizierte Absichtserklärungen (vgl. „Klieme-Expertise“, BMBF 2007, S. 58).
Die nähere Eingrenzung und Legitimierung von Zielen und Inhalten in einem Fach oder Lernbereich erfolgt – in Ermangelung einheitlicher und wissenschaftlich fundierter Verfahren – meist entlang bestimmter argumentativer Grundmuster. Im Rahmen schulischer Curriculumkonstruktion können vor allem drei Muster festgestellt werden. Eine Richtung orientiert sich stark am Inhaltsgefüge, an der Systematik sowie an den Methoden der mit dem jeweiligen Fach korrespondierenden Fachwissenschaften. Eine andere Richtung versucht Ziele und Inhalte eher durch eine Analyse von Lebens- oder Anwendungssituationen zu gewinnen. Eine dritte Richtung wiederum richtet Ziele und Inhalte eng an der Persönlichkeitsentwicklung der jeweiligen Zielgruppe aus (vgl. Reetz 2003). Traditionell konkurrieren diese Ansätze innerhalb didaktischer oder fachdidaktischer Diskurse miteinander und erreichen bei curricularen Vorhaben eine jeweils unterschiedliche Wirkungstiefe. Die vollständige Ausrichtung an einem der Argumentationsmuster ist selbst für Fächer mit klar umrissenen Inhaltsbereichen eher selten. Bei der Festlegung von Zielen und Inhalten nehmen stets unterschiedliche Bildungsansätze, Denkrichtungen, Schul- oder Fachtraditionen Einfluss.
Die Existenz von ausformulierten Bildungs- und Erziehungsplänen für die vorschulische Bildung sowie die umfangreichen Lehrpläne für schulische Unterrichtsfächer scheinen die Frage nach der Gewinnung grundsätzlicher Ziele für das „operative Geschäft“ des Bildungspersonals auf den ersten Blick überflüssig zu machen. Tatsächlich ist aber eine Reflexion über das, was das Resultat jeglicher Bildungsbemühungen eigentlich sein soll und wie man dazu kommt nicht nur für Fachdidaktiker oder Lehrplangestalter wichtig. Wird nämlich der Blick für die maßgeblichen Intentionen vernachlässigt, besteht die Gefahr, dass die didaktischen Konturen entweder aufgrund der Komplexität und Vielgestaltigkeit des Betrachtungsgegenstandes verwischt oder aber allzu sehr in Richtung einzelner Wissenschafts-, Spezialdisziplinen oder Eigeninteressen entwickelt werden (Köck 2007, S. 54). Konkrete didaktisch-methodische Entscheidungen sollten daher nicht nur auf der Grundlage übergeordneter Ziele, sondern auch auf der Grundlage eines Verständnisses darüber erfolgen, wie diese Ziele systematisch bestimmt, begründet und strukturiert werden können.

Problematik der Bildungsziele – Vielfalt und mangelnde wissenschaftliche Fundierung: Freilich sind auch diese übergeordneten, mitunter recht vage formulierten Ziele nicht als unumstößliche Resultate der Erziehungswissenschaften zu verstehen. Ein apodiktischer Anspruch der Bildungsziele verbietet sich allein schon deswegen, weil sie sich – wie in der „Klieme-Expertise“ (BMBF 2007, S. 62) konstatiert wird – auf Zukünfte beziehen, die sich oft nur diffus

abzeichnen. Die Umsetzung konfrontiert Pädagogen dann mit dem Problem, diese Zukünfte für die Schülerinnen und Schüler aktuell in einen Sinnzusammenhang zu stellen. Der fehlende zeitliche Zusammenhang zwischen didaktisch-methodischer Maßnahme einerseits und der späteren Anwendung der dabei angestrebten Dispositionen andererseits ist jedoch nicht das einzige Problem der Fokussierung auf Bildungsziele. Auch die Vielzahl an Entscheidungen, die vom Lehrpersonal auf dem vermeintlichen „Zielpfad" zu treffen sind, führen möglicherweise zu einer ganz anderen Silhouette, als es dem eigentlichen Bildungsziel ursprünglich vorgezeichnet war.
Wie also können die vorgegebenen Bildungs- oder Lernziele ihre Kontur behalten, wenn es gilt, komplexe Fachbezüge zu identifizieren, zu reduzieren, zu kombinieren und zu strukturieren, um nur einige didaktische Aufgaben des Bildungspersonals anzusprechen? Und wie lassen sich diese Ziele letztendlich auch methodisch transportieren? Eine Antwort darauf wird seit geraumer Zeit in der Kompetenzorientierung gesehen.

Kompetenz(-strukturen) als Ersatz für Bildungsziele? Um die vermeintlichen Unzulänglichkeiten vorhandener Bildungsziele zu kompensieren und um die Kontrollmöglichkeiten hinsichtlich der Zielerreichung zu verbessern, wurde in den letzten Jahren damit begonnen, Standards für vorschulische und schulische Bildungsbereiche zu formulieren. Mit den als fachbezogene Kompetenzen formulierten Bildungsstandards, die Schülerinnen und Schüler bis zu einem bestimmten Zeitpunkt in einzelnen Schulfächern erreicht haben sollten, wird eine bessere Überprüfbarkeit der Lehr- und Lernprozesse, insgesamt aber auch eine Vereinheitlichung von Bildungsintentionen angestrebt.
In nahezu allen Bildungsbereichen hat Kompetenz heute als Zielkategorie andere Begrifflichkeiten wie Handlung, Verhaltensweise oder Wissensbestand in den Hintergrund gedrängt, ohne dass sich jedoch ein einheitliches Kompetenzverständnis etabliert hat (s. dazu auch Ott 2013). Weite Verbreitung hat die Definition von Weinert (2001, S. 27f.) gefunden, der Kompetenzen als die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten versteht, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.
Mit den auf sicht- oder überprüfbaren Handlungsweisen fokussierten Kompetenzen ist der Anspruch verknüpft, den Aufgaben bei der Planung, Gestaltung und Evaluierung von Bildungsmaßnahmen genauer als dies bisher mit den eher allgemein formulierten Bildungszielen möglich schien zu genügen. Terminologisch ist mit Kompetenz ein zweifacher Handlungsbezug assoziiert. Zum einen manifestiert sich Kompetenz direkt in den Handlungen eines Individuums und zum anderen wird Kompetenz vor allem auch beim Handeln aufgebaut.
Wie bei anderen Ansätzen zur Charakterisierung von Verhaltensänderungen kommt jedoch auch der Kompetenzbegriff nicht ohne eine taxonomische Differenzierung aus. Neben der schon länger gebräuchlichen Einteilung in Fach-, Methoden-, Sozial- und Individualkompetenz, werden besonders in Folge der „Klieme-Expertise" Kompetenz(struktur)modelle eingefordert. Sie sollen eine Abstufung der Kompetenz und damit auch eine empirisch abgesicherte Niveaueinordnung der fach- bzw. domänenspezifischen Leistungen von Schülerinnen und Schülern möglich machen. Kompetenzmodelle werden daher auch als notwendige Voraussetzung für die Formulierung von Bildungsstandards betrachtet.

Kompetenz versus Bildung? – Kritik am Kompetenzbegriff: Gegen diese enge Verbindung von Kompetenz und Bildung werden gleichwohl verschiedene Einwände erhoben. Sie setzen unter anderem an der breit gestreuten Verwendung des Begriffs sowie an seiner Verwertungslogik an (vgl. dazu beispielsweise Betschneider, Höhns & Münchhausen 2011). Beanstandet wird etwa, dass mit den Bildungsstandards und ihren „Aufgabenformaten" die Ausbildung von Urteil und Kritik zu kurz kommen würde. Diese setzten nämlich sowohl Tiefe und Bewusstheit

in der Begründung als auch die Berücksichtigung wissenschaftsinterner wie externer gesellschaftlicher Aspekte voraus (Gruschka 2009, 29f.). Von Seiten der Technikdidaktik kritisiert Schmayl (2010, S. 32ff.) die angestoßene Kompetenzorientierung der Lehrpläne. Er moniert vor allem, dass die Fixierung auf Kompetenzen hauptsächlich auf Steuerung und Kontrolle abzielen würde. Dabei würde jedoch das Steuernde und Kontrollierende, nämlich Schüler und Schule, zu wenig in den Blick genommen. Zudem seien die in den Mittelpunkt gerückten Kompetenzmodelle nicht so einfach zu erstellen, die damit verbundenen Versprechungen somit leichtfertig. Außerdem setze ein einheitliches Kompetenzmodell ja auch eine allgemeingültige Vorstellung voraus, was in einem Fach bedeutsam ist. Das bezeichnet er als Fiktion. Duismann (2010, S. 208f.) sieht diesbezüglich generellen Nachholbedarf in der fach- bzw. technikdidaktischen Forschung, besonders was die Definition und empirische Absicherung basisrelevanter Kompetenzen anbelangt.
Insgesamt gesehen ist im Bereich technischer Allgemeinbildung noch kein allgemein empirisch fundiertes und anerkanntes Kompetenzstrukturmodell in Sicht. Die bisher vorgestellten Kompetenzen, Standards und Kerncurricula konnten daher ihren Vorschlagscharakter nicht überwinden (s. dazu auch Zinn 2014). Ein Grund dafür mag darin liegen, dass technische Bildung ja nicht in einem einheitlichen Fach unterrichtet wird und sich daher die unterschiedlichen institutionellen, organisatorischen und inhaltlichen Konstellationen und Provenienzen der Verantwortlichen immer wieder durchzusetzen vermögen. Ein weiterer Grund liegt aber möglicherweise auch darin, dass die Dynamik technischer Entwicklungen der Formulierung klar definierter Kompetenzen, die den Status längerfristig gültiger Bildungsstandards für sich reklamieren könnten, eher entgegensteht. Hierin unterscheidet sich der Bereich technischer Bildung von Fächern mit einem relativ festgefügten Inhaltskanon wie Deutsch oder Mathematik.
Die Diskussion über Kompetenzstrukturmodelle[34] soll hier nicht weiter vertieft werden. Sich eine konkrete Vorstellung davon zu verschaffen, was zu lernen sich lohnt bzw. welche Akzentuierungen bereits formulierte Ziele aufweisen, bleibt allerdings auch in Zeiten von Kompetenzstrukturmodellen und ausformulierten Kompetenzen im Verantwortungsbereich des pädagogischen Personals. Wo solche Überlegungen gründen können, soll nachfolgend aufgezeigt werden.

4.1.1 Bildungstheoretische Vorüberlegungen

Der Canon an Literatur zur Legitimation technischer Bildung ist breit und lässt sich in grober Einteilung nach Zinn (2014, S. 27) thematisch in eine bildungstheoretische, eine wissenschaftstheoretische, eine soziologische sowie eine berufspraktische Richtung scheiden. Ohne Anspruch darauf, den Diskurs exakt nachzuzeichnen, beruhen die sich anschließenden Überlegungen zur Relevanz technischer Allgemeinbildung vorrangig auf bildungstheoretischen Positionen.

Facetten des Bildungsbegriffs: Ausgangspunkt aller didaktischen Zielvorstellungen ist nach wie vor die in der europäischen Philosophie erörterte und von dort in die Pädagogik übernommene Auffassung von der Selbstwerdung des Individuums durch die Auseinandersetzung mit dem Anderen (vgl. Derbolav 1966, S. 129). Dieser als Bildung bezeichnete Vorgang lässt Raum für unterschiedliche Deutungen. Aus den vielfältigen Interpretationen, die sich mit Wesen und

[34] s. hierzu Schmayl (2010/2019, S.28ff.), der eine Gegenüberstellung zwischen Kompetenzpädagogik und Bildungspädagogik versucht. Auf Seite 39f. schreibt er: „*Während die Bildungspädagogik dem kulturellen Konzentrationsprinzip folgt, läßt sich die Kompetenzpädagogik vom Prinzip der Lebensweltorientierung leiten: Der Bildungsprozeß verlebendigt grundlegende Inhalte der Kultur. In der Korrespondenz mit dem objektiven Geist entfaltet der Schüler seinen subjektiven Geist; er eignet sich Wissen an, das ihn in die Lage versetzt, sich in der Welt zu orientieren und sich als Person zu artikulieren. Sie ist ein Programm zur Menschwerdung durch geistige Arbeit an sich und an der Welt.*“

Werden von Bildung beschäftigen, lassen sich jedoch einige grundlegende Aspekte herausarbeiten. Da ist zum einen die Charakterisierung der eigentlichen Substanz. Bildung wird als Summe menschlicher Dispositionen aufgefasst, die mit Begriffen wie Wissen, Kenntnis, Fertigkeit, Fähigkeit, Qualifikation oder Kompetenz umschrieben und facettenhaft zur materialen (spezielle Lerninhalte) und formalen Bildung (inhaltsunabhängige Fähigkeiten) zusammengefasst werden können. Bildung soll – ein zweiter Aspekt – zur inneren Freiheit und somit zur autonomen, selbstständigen Lebensführung (Mündigkeit) und zur Selbstverwirklichung beitragen. Dazu muss sie drittens dazu befähigen, die vorfindliche Realität nicht nur reflexiv zu erfassen, sondern auch mitzugestalten. Bildung integriert demnach Denken und Handeln. Ein vierter, allen Betrachtungen inhärenter Aspekt sieht Bildung als individuelles Resultat einer prozesshaften Auseinandersetzung des Menschen mit seinen Anlagen und Begabungen auf der einen Seite und der jeweils vorfindlichen physischen, sozialen und kulturellen Umwelt auf der anderen Seite. Dieser Prozesscharakter – so die Schlussfolgerung – führe dazu, dass sich Bildung in einem fortwährenden Zustand des Auf- und Umbauens von Kenntnissen, Fertigkeiten und geistigen Zuständen konstituiert und daher nicht als statische Größe betrachtet werden könne.
Auf den ersten Blick scheint es demnach so, dass Bildung etwas gänzlich Individuelles darstellt. Allerdings – so der fünfte Aspekt – verhält sich die Gesellschaft keineswegs neutral gegenüber dem, was als Substrat Bildung beim einzelnen Individuum wachsen lassen soll, sondern versucht zumindest die Rahmenbedingungen für den Bildungsaufbau abzustecken. Das erfolgt entweder direkt, etwa über die normative und strukturelle Ausprägung von Bildungsinstitutionen oder indirekt über das durch öffentliche Institutionen verbreitete Bildungsverständnis. Konstitutiv sowohl für normative wie institutionelle Konzepte zur Bildung ist der Kulturbegriff, zu dem sich die Welt der Technik bis heute im Status fortwährender Rechtfertigung befindet.

Technik und Kultur – wenn Nähe zur Distanz umgedeutet wird: Die Abhängigkeit zwischen Technik und Kultur ist so alt wie die Menschheit selbst. Die technischen Hervorbringungen haben die Kultur und die kulturellen Muster und Praxen haben die Technik beeinflusst (Banse & Hauser 2010, S. 17). Im gesellschaftlichen Dialog dagegen war und ist bis heute ein sich in unterschiedlichen Fehlinterpretationen und Vorurteilen äußernder Dualismus zwischen Technik und Kultur feststellbar (vgl. Sachs 1988, S. 5).
Besonders in Deutschland entwickelte sich eine nachhaltig wirkende Abgrenzung zwischen Kultur und Technik. Sie stellt im Vergleich zu anderen europäischen Ländern eine Besonderheit dar, die ihre deutlichste Ausprägung im bürgerlichen Kulturbegriff des 19. Jahrhunderts erfahren hat. Während nämlich Kultur das gemeinsame Thema praktisch aller nichtdeutschen Definitionen von Zivilisation darstellt (Huntington 1996, S. 52), subsumierte man unter dem Kulturbegriff in Deutschland allein die Erscheinungsformen der schöpferisch-geistigen Kräfte aus Kunst, Religion und Philosophie. Dagegen meint „Zivilisation“ eher die gesellschaftlichen, politischen oder auch technischen Erscheinungen (vgl. Ropohl 1999, S. 198ff.).
Die Pädagogik, die sich selbst als geisteswissenschaftliche Disziplin verortet hat, hat sich dieses Kulturverständnis einverleibt. Sieht man von dem eher romantisierenden Blick auf das Handwerk ab, wurde der Technik daher seit Wilhelm von Humboldt in bildungstheoretischen Überlegungen kein prominenter Platz mehr eingeräumt. Einzelne Veröffentlichungen bestätigen hier eher die Regel – etwa Paul Oestreichs „Der Einbruch der Technik in die Pädagogik“ aus dem Jahr 1930. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg haben sich Pädagogen wie Hans Wenke, Herwig Blankertz oder Theodor Litt der Technik wieder systematischer angenommen. Besonders Litt entfernte sich von der klassischen Bildungstheorie und sah Allgemeinbildung jetzt auch im Medium der Technik möglich (Konrad 2012, S. 67).
Bis heute wird der Bildungsdiskurs jedoch von der Einstellung beeinflusst, die Beschäftigung mit der Zivilisation sei im Vergleich zu der mit Kultur etwas weniger wertvolles: Hier die auf

die innere Formung der Person abzielende Auseinandersetzung mit Kultur, dort die auf Nützlichkeit und Verwertung setzende Äußerlichkeit der Zivilisation, hier das Reich der Künste und Ideen, dort das des Materiellen, hier die humanistisch-geisteswissenschaftliche Sphäre, dort der naturwissenschaftlich-technische oder ökonomische Bereich.

Bildung wird innerhalb dieser Deutungsmuster allein auf die Zeugnisse menschlicher „Selbstverständigung und Sinnorientierung" verwiesen und damit auf die Literatur- und Geisteswissenschaften begrenzt (Dohmen 1989, S. 37f.). Selbst die Unterscheidung zwischen Allgemeinbildung und Berufsbildung basiert auf dem konstruierten Dualismus zwischen Geistesbildung und der Ausbildung zur Nützlichkeit. Aus organisatorischer Sicht ist eine solche Trennung der Bildungsbereiche sicher sinnvoll, inhaltlich aber kann sie nicht wirklich eine Zuordnung zwischen allgemeinen und speziellen Bildungsinhalten begründen.

Eine Facette dieser technikkritischen Bildungsdeutung, die bis in die jüngere Geschichte reicht, sieht die Bildungsinhalte vor allem dem kulturellen Erbe verpflichtet. Technik werde – wie Peter Janich kritisch bemerkt – bei dieser Auffassung erst dann zur Kultur, wenn sie alt ist oder ins Museum wandert. Dabei zeige allein schon die Wortherkunft (lat. *cultivare*), dass es hierbei um alle menschlichen Tätigkeiten geht, die in die Natur nach eigenen Zwecken eingreifen. Solche Tätigkeiten können die des Ackerbauers, des Steinbrechers, Straßenbauers oder Holzfällers sein. Kultur, so Janich (2006, S. 16) bezeichnet ursprünglich das, was wir heute Technik nennen. Zwar, so konstatierte etwa Saul B. Robinsohn (1970, S. 66f.) in diesem Zusammenhang, lasse sich Bildung durchaus aus dem Bestand einer Kultur legitimieren. Da es jedoch auf die Zukunft gerichtete Aufgaben zu bewältigen gäbe, könnten die einmal erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten nicht in dem gleichen Maße prämiert werden, wie die Fähigkeit, diese immer wieder neu zu erwerben. Es gelte daher, zwischen den Hauptgebieten kulturellen Schaffens, dem wissenschaftlich-technischen und dem humanistischen neue Gleichgewichte zu setzen.

Die Auffassung, dass Kultur und Technik zwei voneinander getrennte Bereiche seien, stellt eine Engführung des Kulturbegriffs dar, die besonders ab der Mitte des letzten Jahrhunderts in die Kritik geriet.[35] Argumentativ lassen sich vor allem verschiedene Gegenpositionen identifizieren.

Ein integrativer Ansatz wendet sich entschieden dagegen, Zivilisationsleistungen entweder ganz aus dem Kreis kultureller Güter zu exkludieren oder sie allein als Werkzeugkasten zur Schaffung immaterieller Kulturleistungen zu betrachten. Betont wird hier, dass Technik ja keine von Ideen und kulturellen Mustern losgelöste Tätigkeit darstellt. Antizipation und Schaffung von Technik setzten vielmehr eine eigenständige Form geistiger Regsamkeit voraus und ihre Anwendung entfalte eine erhebliche Wirkung auf Erfahrung, Bewusstsein, Selbstbild und Ideenbildung des Menschen. Technik, so konstatiert etwa Heinrich Roth (1965, S. 22f.) sei mehr als nur Mittel. Dem Wesen der Technik werde man nicht gerecht, wenn man sie als „Teufelswerk" oder als Bereich ethischer Neutralität betrachte. Näher komme man ihr, wenn man erkennt, dass sie „[…] *grundsätzlich und jederzeit auf den Menschen, sein Leben, seine Moral und Ethik bezogen ist*". Theodor Litt (1959, S. 46) sieht die Technik ebenfalls als eigentlichen Ausdruck menschlicher Wesenheit: „*Weil der Mensch, indem er die Welt zur Sache umdenkt, einer von der Welt an ihn ergehenden Forderung Genüge tut, darum ist die Tätigkeit, die er in Befolgung dieser Forderung verrichtet, eine von den Äußerungen seines Wesens, durch deren Ausübung er seine Bestimmung erfüllt oder, mit unseren Klassikern gesprochen, seine – Humanität zur Entfaltung bringt.*" Günter Ropohl (1999, S. 208) rückt die Technik gar ins Zentrum kultureller Überlegungen, wenn er bemerkt, dass sich technische Artefakte als Kultur in jedem Sinne erweisen und technische Handlungen keineswegs eine außerkulturelle Aktivität darstellen würden. „*Vielmehr ist technisches Handeln selbst eine kulturelle Intervention, die mit dem*

[35] Charles P. Snow war mit seiner 1959 vorgebrachten These, nachdem sich das intellektuelle Leben in zwei voneinander getrennten Kulturbereichen abspielt (im literarischen und im naturwissenschaftlich-technischen Kulturbereich), sicher nicht der erste. Mit ihm hat aber ein prominenter Vertreter die teilweise auch heute wirkenden Missverständnisse ausgedrückt und angemahnt, dass nur eine Verständigung beider Seiten zu einer Lösung drängender Fragen führen würde.

technischen Artefakt zugleich auch neue ästhetische, symbolische, kognitive und institutionelle Realität schafft."
Die vielfältigen Verflechtungen zwischen naturwissenschaftlich-technischen und humanistisch-geistigen Bereichen würden, so bemerkt Manfred Euler (2008, S. 89), eine wertende Trennung ohnehin verbieten: *"Wissenschaftliche Erkenntnisse, die sich im Wechselspiel von technologischen und konzeptuellen Werkzeugen entfalten (und somit immer Wissenschaft und Technik verbinden), revolutionieren unser Weltbild, verändern die Gesellschaft und sind kulturstiftend. Umgekehrt ist die wissenschaftliche und technologische Entwicklung auf die humanistisch-geistige Rahmung angewiesen; ohne diese wäre sie orientierungslos und ethisch blind."*
Einschränkend dazu bemerkte der Technikphilosoph Klaus Tuchel (1965, S. 72f.), dass aus einer solchen integrativen Auffassung kein einfacher Zusammenhang zwischen technischem Fortschritt und Kultur konstruiert werden könne. Die komplexe wechselseitige Abhängigkeit von Technik und Kultur lasse sich nicht vereinfachend beschreiben.
Neben der kritischen und der integrativen Haltung zur Technik existiert eine dritte Auffassung zum grundsätzlichen Verhältnis Technik-Kultur. Bei dieser Position wird die Kultur als Teilbereich der Technik verstanden. Sie speist sich aus der Einsicht, dass sich heute sowohl die Schaffung von Kulturgütern als auch das eigentliche Ergebnis dieses Prozesses der Technik nicht entziehen könne (Bausinger 1997, S. 40f.).
Wie die unterschiedlichen Positionen verdeutlichen, erschwert der Kulturbegriff anscheinend die bildungstheoretische Legitimierung der Technik. Da erscheint es sinnvoll, sich an der Kulturanthropologie angelsächsischer Prägung zu orientieren. Sie unterscheidet zwar auch zwischen materiellen, sozialen und ideellen Leistungen als Teilbereichen der Kultur. Im Gegensatz zum traditionellen deutschen Kulturverständnis meint *culture* aber alles das, was der Mensch hervorzubringen in der Lage ist. Folglich lassen sich die Technik, die sie hervorbringende Arbeit und auch die beide Bereiche organisierende Wirtschaft zur kulturellen Basis und damit zu den lohnenswerten Bildungsgütern zählen.

Technische Bildung – Sinnfindung in der Kultur: Eine grundsätzliche Aufgabe technischer Allgemeinbildung besteht darin, Technik als menschlichen Kulturbereich in all seinen Voraussetzungen und Wirkungen begreifbar zu machen (vgl. dazu Wehnes 1964a, S. 62ff.). Mit Günther Dohmen (1989, S. 42) kann man darauf verweisen, dass nicht nur die Auseinandersetzung mit künstlerischen oder literarischen Themen, sondern eben auch die mit technischen für die „Bildwerdung" innerer Anlagen geeignet ist. Genau das meine ja das deutsche Wort „Bildung". Die äußere Welt zu entdecken ist daher nicht weniger wichtig als der inneren nachzugehen, zumal beide in einem Bedingungsverhältnis zu einander stehen. Eine solche Öffnung des Kulturhorizonts für die Technik bietet zudem die Chance, den Riss zwischen materieller Produktion und ideeller Sinn-Produktion zu schließen (Fink 1965, S. 47f).
Technik kann dabei in Beziehung zu ihren immateriellen „Geschwistern" gesetzt werden, der ideellen und sozialen Kultur[36]. Eine solchermaßen angelegte technische Bildung erfüllt dann die Aufgabe, die Heinrich Roth (1965, S. 21) als Besinnung auf die Technik, Sinnfindung in der Technik und letztlich auch Sinngebung der Technik beschreibt. Der technischen Bildung fällt demnach eine Art Mittlerrolle zu, nämlich zwischen Mensch und Kultur. Vermitteln meint dabei nicht in erster Linie didaktische Vereinfachung, sondern Anleitung zur kritischen Auseinandersetzung mit der Technik als der zur Erkenntnis aufgegebenen Sachwelt (vgl. Derbolav 1966, S. 132).
Eine solche Auseinandersetzung wird zwangsläufig das Verhältnis zwischen Technik und Ge-

[36] Wie eng die Verwobenheit zwischen Technik und Kultur ist zeigen Banser und Hauser (2010, S. 29ff.) auf der Grundlage von Literaturanalysen an Beispielen für die Technikentstehung (Konstruktionsstile und –kulturen, Innovationskulturen und epochentypisches Design) und die Technikverwendung (intra- und interkultureller Techniktransfer, Technikbewertung und -auswahl, Faktoren der Technikakzeptanz und individuellen Risikowahrnehmung) auf.

sellschaft in den Blick nehmen müssen und dort auf zwei Positionen stoßen, die das Bildungsversprechen nicht unbedingt erleichtern. Im Mittelpunkt stehen dabei die deterministischen Beziehungen zwischen Technik und Gesellschaft. Eine Form des technologischen Determinismus liegt im sozialkonstruktivistischen Erklärungsansatz begründet. Hier wird die Technikentwicklung nicht in erster Linie als Ergebnis der Umsetzung ingenieurwissenschaftlicher Prinzipien gesehen, sondern als Folge sozialer Prozesse (Sozialdeterminismus). Die andere Sichtweise begreift die gesellschaftliche Entwicklung als Folge des technischen Sachzwangs (Technikdeterminismus). Der gesellschaftliche Spielraum beschränkt sich hier auf eine antizipative Befassung mit den Folgen der eigendynamischen Technik sowie einer konstruktiven Anpassung (Grunwald 2007, S. 64). Beide Ansätze – Vergesellschaftung der Technik und Technisierung der Gesellschaft – können nach Meinung von Günter Ropohl (1999, S. 197) nicht bedenkenlos als Universalansprüche gedeutet werden. Für die Sinnfindung oder Sinngebung der Technik stellen sie in jedem Fall fruchtbare Reflexionsanlässe dar.

Anspruch technischer Allgemeinbildung: Technik bestimmt die materielle und soziale Umwelt. Macht man sich das Bildungsverständnis von Klafki (1986, S. 52) oder in ähnlicher Weise von Jank und Meyer (2002, S. 211) zu eigen, nachdem Bildung als Fähigkeit zur Selbstbestimmung, zur Mitbestimmung sowie zur Solidarität in der Gesellschaft zu verstehen ist, so rückt die Auseinandersetzung mit Technik unweigerlich mit ins Zentrum bildungstheoretischer Überlegungen. In einer Gesellschaft, die einen derartigen technologischen Entwicklungsstand erreicht hat, gehört technische Bildung zwingend zur Allgemeinbildung (Pfenning 2018, S. 40). Sie bildet die Voraussetzung, um Technik in den Kreislauf der Verantwortung von Denken und Tun und Tun und Denken mit einzubeziehen (Roth 1965, S. 18). Technische Bildung wird so zu einer Grundlage für die Souveränität gegenüber der Technik, die ihrerseits die Grundlage bildet für die Selbstbestimmung des Menschen sowie für die Mitbestimmung in demokratischen Staaten (Ropohl 1992, S. 9). Technische Allgemeinbildung ist daher eine notwendige Vorbedingung für Mündigkeit. Und Mündigkeit, um mit Wilhelm Ebert (1995, S. 178) zu sprechen, integriert die Bereitschaft und Kraft, bequemer Hörigkeit zu widerstehen, selbst zu urteilen, zu prüfen, Informationen einzuholen aber sich auch selbst Verzichte aufzuerlegen.

Definition technischer Bildung: Zusammenfassend lässt sich technische Bildung als Summe didaktischer Maßnahmen und der damit beabsichtigten subjektbezogenen Dispositionen beschreiben. Sie soll zur Handlungsfähigkeit in technikbezogenen Lebenssituationen befähigen. Ziel ist der mündige Mensch, der für sich selbstbestimmt Nähe und Distanz zur Technik auslotet. Grundlage dafür ist ein Grundverständnis elementarer naturwissenschaftlich-technischer Zusammenhänge, ein darauf aufruhendes und auf konkrete Lebens- und Handlungsbereiche bezogenes technisches Fachwissen und *Know-how* sowie die Fähigkeit zur Reflexion über Technik mit ihren sozialen und kulturellen Implikationen.
Wie aber lässt sich dieses allgemein formulierte Zielprogramm weiter konkretisieren? Anhaltspunkte zur Beantwortung dieser Frage, sollen die nachfolgenden Abschnitte liefern.

4.1.2 Ausgangspunkt für die Zielfindung - Schlüsselprobleme, Schlüsselchancen und Schlüsseltechnologien

Der oben formulierte Anspruch technischer Bildung ist es, Technik als eigenständigen Teil der Kultur mit all seinen Entstehungsbedingungen, Ursachen, Wechselwirklungen offenzulegen. Aus diesem Grund sind Lehr- und Lernprozesse methodisch so anzulegen, dass sich dem Lerner der Sinnbezug technikbezogener Bildungs- oder Lernziele angemessen erschließt. Methodische Entscheidungen müssen daher vor der inhaltlichen Logik von Bildungs- und Lernzielen bestehen können. Welche inhaltlichen Konturen Bildungs- bzw. Lernziele jeweils vorgeben, hängt

von der Beantwortung der Fragen ab, was und wie viel von der Technik Eingang in Bildungsprozesse finden soll.
Die Fülle möglicher Inhalte – ob aus der Praxis inspiriert oder aus verschiedenen (technischen) Bezugswissenschaften abgeleitet – legt die Anwendung von Reduktionsstrategien nahe. Sie sollten der Maxime folgen, diejenigen Ziele und Inhalte ausfindig zu machen, „[…] *die geeignet erscheinen, das Wesen des Technischen an sich und das Eigentliche technischer Weltbewältigung anschaulich zu machen*“ (Wehnes 1964a, S. 156). Wie jedoch zum Wesen des Technischen an sich vorzudringen ist, darüber existieren durchaus kontroverse Auffassungen.

Ausgangspunkt „Technische Schlüsselprobleme“: Eine große Bedeutung für alle curricularen Überlegungen im allgemeinbildenden Bereich hat der Ansatz Klafkis (1994) für eine Konzentration des Unterrichts auf so genannte epochaltypische Schlüsselprobleme. Die Auseinandersetzung mit Schlüsselproblemen soll Menschen dazu befähigen, sich die Welt zu erschließen und für die Welt erschlossen zu sein (Kiel 2018, S. 110). Für den hier fokussierten Bereich technischer Bildung findet sich unter den von Klafki definierten 17 Schlüsselproblemen allerdings nur eines und auch das ist recht allgemein formuliert: „*Möglichkeiten und Gefahren des naturwissenschaftlichen, technischen und ökonomischen Fortschritts*.“
Ähnlich wie in anderen fachdidaktischen Diskursen, fand der problemorientierte Ansatz Klafkis auch ein Echo in der Technikdidaktik. Verwiesen sei zum Beispiel auf die Definition „technischer Schlüsselprobleme“, die Gerhard et al. (1999, S. 201) wohl in Anlehnung an Duismann (1988), Sellin (1994) und Oberliesen (1988) als Ausgangspunkt für technische Bildung vorschlagen. Ihrer Meinung nach können darunter all jene gesellschaftlichen Probleme verstanden werden, die durch technologische Entwicklungen hervorgerufen oder bestimmt werden. Als Beispiele nennen sie Fragen der Energieversorgung, der Automation in Produktionsprozessen, Probleme von Transport und Verkehr, Medizintechnik sowie ökologische Fragestellungen. Als Folge aktueller Entwicklungen können dieser Liste weitere Problemfelder hinzugefügt werden. Zu nennen sind u.a. die fortschreitende Verknüpfung verschiedener Datenübertragungs- und Netztechnologien, die Dominanz weniger Unternehmen innerhalb der digitalen Ökonomie oder die Auswirkungen der künstlichen Intelligenz auf unterschiedliche Lebensbereiche.
Der Terminus „technische Schlüsselprobleme“ impliziert, dass hier für ein durch Technik verursachtes Problem entweder noch keine adäquaten Lösungsmechanismen vorliegen oder aber die bekannten Optionen erst noch gesellschaftlich ausgehandelt werden müssen. Der Begriff unterstellt des Weiteren, dass der Einzelne bei der Lösung solcher Schlüsselprobleme dann eine tragende Rolle einnehmen kann, wenn er die Probleme als solche erkennt, sie als individuelles Anliegen betrachtet und an ihrer Lösung aktiv (z.B. technologisch) oder passiv (z.B. politisch) mitwirkt.

Technik erschließt sich nicht allein aus Problemen: Die Konnotation des Terminus „technisches Schlüsselproblem“ verleitet zu der Sichtweise, technische Bildung vorrangig als reaktives Potenzial oder gar als defensives Mittel zur Abwehr oder Einhegung von Technik zu begreifen. Eine ausschließlich problembezogene Betrachtungsweise gerät schnell in den Sog kulturpessimistischer Ansichten, für die es eine lange Tradition gibt. Eine Ahnung davon, wieweit technikbezogene Befürchtungen in der Geschichte zurückreichen, erhält man vielleicht durch die biblische Erzählung über den Turmbau zu Babel. An technik- bzw. zivilisationskritischen Motiven gab und gibt es auch in der jüngeren Geschichte keinen Mangel (vgl. Fischer 2004, S. 147). Zuweilen formierten sich schlagkräftige Protestbewegungen und machten deutlich, dass sie nicht unbedingt gewillt sind, den vermeintlichen Niedergang von Kultur, Zivilisation oder Arbeitsplätzen klaglos zu erdulden. Ein Beispiel dafür sind die Maschinenstürmer des 18. und 19. Jahrhunderts (vgl. Langenheder 1988, S. 264ff.).

Gleichermaßen problematisch, wie eine Ausrichtung von Bildungsprozessen allein am Bedrohungspotenzial der Technik ist, stellt sich eine vorbehaltlose Übernahme der Fortschrittsdoktrin dar. Ihre extreme Ausrichtung sieht in der Technik die Lösung aller Menschheitsprobleme. Ein Beispiel für eine solche Position findet sich etwa bei Thomas L. Friedman (2005), der die Welt durch das Internet flach und barrierefrei zu erkennen glaubt. Zwei andere Vertreter einer solchen Position sind Peter H. Diamandis und Steven Kotler (2012). Für sie hält die Technik alle Möglichkeiten bereit, die ungeheuren Potenziale unseres Planeten für jedes Problem der Menschheit dienstbar zu machen.
Im Zuge curricularer Überlegungen ist zwar Nüchternheit und Neutralität in der Bewertung der Technik angebracht, allerdings macht selbst ein kritischer Blick auf die Sozial- und Wirtschaftsgeschichte deutlich, in welchem Maße sich die Technik als Antriebsfaktor gesellschaftlicher Entwicklungen erwies und nach wie vor erweist. Die Sicherung der Lebensbedingungen, Gesundheit, Wohlstand, ja selbst politische Teilhabe sind untrennbar mit technischen Errungenschaften verbunden. Innovationen wie der Buchdruck, Entwicklungen im Bereich der Verkehrs- oder Kommunikationstechnik führten zu materiellem, ideellem und auch sozialem Fortschritt. Über den unmittelbaren Nützlichkeitsaspekt hinaus erweist sich die Technik zudem bis heute als Terrain kreativer Utopie, das seit der Antike Künstler, Wissenschaftler oder Philosophen für sich entdeckten. Technik war und ist demnach mehr ist als nur ein Mittel, sondern wie Heinrich Roth (1965, S. 22f.) ausführt auch eine „neues Erleben erschließende Lebensweise“, ja per se eine neue „Seinsart“. Dass der dabei eingesetzte Geist und Intellekt durchaus in der Lage ist, sich gegen den Menschen zu richten, kann dabei keineswegs unterschlagen werden. Das gilt jedoch auch für andere kulturelle Disziplinen. Denn dafür, dass Literatur, Kunst oder Musik in fragwürdiger Weise dienstbar gemacht werden, gibt es zahlreiche Belege.
Wie in den anderen Bereichen menschlicher Kultur, kann Technik als Medium betrachtet werden, mit dem neue Horizonte erschlossen und neue Türen geöffnet werden können. Technik hält sowohl für den Einzelnen, als auch für die Gesellschaft eine Art Schlüssel für die weitere Entwicklung bereit.

Schlüsselchancen und Schlüsseltechnologien: Bei aller gebotenen Skepsis gegen unbotmäßige Verheißungen lässt sich aufgrund des Potenzials der Technik ein weiteres Leitbild identifizieren, das neben den „Schlüsselproblemen“ für die Auswahl von Bildungszielen stehen kann. Es lässt sich mit den Chancen für einzelne Menschen, Unternehmen oder Gesellschaften begründen, bereits bekannte oder aufscheinende Potenziale der Technik zum eigenen Wohl nutzbar zu machen. Derartige Möglichkeiten können auch als „Schlüsselchancen“ bezeichnet werden. Solche Chancen lassen sich in ihrer Wirkung an unterschiedlichen Beispielen belegen. Mit dem Ingenieurstudium beispielsweise ist bis heute für viele Menschen ein sozialer Aufstieg verbunden. Auch über den beruflichen Bereich hinaus bieten Technologien unterschiedlichste individuelle Chancen: So eröffnet die Kommunikationstechnik – nicht nur für Jugendliche, sondern auch für die wachsende Zahl älterer Menschen – bis vor kurzem noch ungeahnte Möglichkeiten, am sozialen und auch gesellschaftlichen Leben zu partizipieren. Im Gesundheitsbereich lässt der Einsatz von Technik bereits heute vieles Realität werden, was vor einiger Zeit noch der blanken Utopie zugerechnet wurde. Älteren Menschen gelingt es mit Hilfe modernster Technik, ihre Unabhängigkeit und Selbstständigkeit über einen längeren Zeitraum zu bewahren. Walter E. Theuerkauf und Helmut Meschenmoser (2010, S. 114ff.) weisen darauf hin, dass es gerade diese neueren technischen Entwicklungen sind, die oft auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler stoßen würden. Derartige „Schlüsselthemen“ sollten daher bei der Konstitution technischer Bildung ausreichend berücksichtigt werden.
Wenngleich hier nicht der Ort sein kann, wirtschaftliche Verwertungsphantasien zu entwickeln, kann das Konstrukt Schlüsselchancen im Zuge curricularer Überlegungen auch auf volkswirtschaftlicher Ebene betrachtet werden. Denn Schlüsselchancen lassen sich mit so genannten Schlüsseltechnologien in Verbindung bringen. Das lässt sich historisch etwa an Großbritannien

oder aktuell an asiatischen Staaten nachweisen. Wollfgramm (1994, S. 16) subsumiert unter Schlüsseltechnologien die Technologien, „[…] *die grundlegende Entwicklungsrichtungen der materiellen Produktivkräfte in den gegenwärtigen Umwälzungsprozessen repräsentieren*“. Aus unternehmerischer Sicht handelt es sich dabei um solche Technologien, die einen signifikanten Einfluss auf die Wettbewerbsposition versprechen, aber noch nicht allen Wettbewerben zugänglich sind (Bullinger 1994, S. 97).
Zu den Schlüsseltechnologien, die jetzt und in Zukunft zum Motor für weitere Innovationen werden, können die Informations- und Kommunikationstechnologien, optische Technologien, Produktions- und Werkstofftechnologien, Bio- und Nanotechnologien sowie die Mikrosystemtechnik gezählt werden.

Diskussion der Leitbilder Schlüsselprobleme, Schlüsselchancen und Schlüsseltechnologien: Gegen eine Konzentration der Allgemeinbildung und ihrer Bildungsabsichten auf Schlüsselprobleme können verschiedene Einwände erhoben werden (s. hierzu auch Kiel 2018, S. 111). Dies gilt in gleichem Maße für die technische Bildung. Die Kritik an den „technischen Schlüsselproblemen“ lässt sich durch eine Erweiterung um das Leitbild „Schlüsselchancen“ nicht vollständig entkräften. Ein gewichtiges Argument ist, dass der Startraum für die technische Bildung durch derartige Projektionen zu groß gewählt werde, besonders angesichts der Heterogenität und Komplexität technischer Probleme, der vagen Aussicht auf individuelle Chancen durch Schlüsselinnovationen oder der möglicherweise unzulänglichen Kompetenzen der Lehrkräfte, solche Komplexe überhaupt zu überschauen. Ebenfalls ernst zu nehmen ist der Vorwurf, dass auf diese Weise politisch-weltanschauliche Überzeugungen transportiert würden bzw. durch die Vorwegnahme konkreter Utopien versucht würde, bei Jugendlichen Entschlüsse zu präjudizieren, wo Bildung doch eigentlich zu Freiheit und Unabhängigkeit führen sollten (Schmayls 2010, S. 98). Andererseits gibt gerade die aktuelle technische Entwicklung ausreichend Anlass, Saul B. Robinsohns Plädoyer aus dem Jahr 1970 (S. 67) für neue Lerninhalte zuzustimmen, wenn er u.a. bemerkt, dass der Bildungscanon überdacht werden müsse, „*weil die Aufgaben unserer Zeit in besonderer Weise zukunftsgerichtet sind, indem ohne die Voraussicht zukünftiger, sehr neuer, präzedenzloser Probleme und ohne die Planung ihrer Lösungen menschliche Existenz überhaupt bedroht ist*“.

Erkenntnisperspektiven – oder unter welchen Perspektiven soll ein Problem/eine Chance betrachtet werden? In den wenigsten Fällen lassen sich technikbezogene Phänomene allein auf einzelne materielle, ideelle oder soziale Aspekte beschränken. Diskussionen um neuere technische Entwicklungen, etwa aus dem Bereich der Medizintechnik, der Informations- und Kommunikationstechnik oder der Energietechnik zeigen eindrücklich, dass Schlüsselprobleme ebenso wie vermeintliche Chancen nur unter Beachtung der Interessen, Einstellungen und Werthaltungen unterschiedlichster gesellschaftlicher Zielgruppen identifiziert werden können. Unter einer curricularen Perspektive ist daher die Frage zu beantworten, welche Lösungen oder Konsequenzen mit den Schlüsselproblemen und Schlüsselchancen verbunden sind und wie sie die Gesellschaft als Ganzes und davon ausgehend jeden einzelnen Menschen betreffen. Eine solche Analyse setzt daher eine multi- bzw. mehrperspektivische Auseinandersetzung mit der Technik voraus, wie sie in einigen technikdidaktischen Konzeptionen vorgeschlagen wird (z.B. Schmayl & Wilkening 1995; Ropohl 1979b; Ott 1995/2003) [37]. In Anlehnung an diese Überle-

[37] Wenngleich vor allem auf die berufliche Gestaltung technischer Sachsysteme bezogen, zeigt auch Ott (1995, 2003) solche unterschiedlichen und mitunter vernetzten Erkenntnisperspektiven in Bezug auf die Technik auf:

- Technologische Perspektive: Inhalte sind hier Struktur und Gestaltung (sozio-) technischer Systeme, einschließlich des von den Beschäftigten dort eingebrachten Arbeitsprozess- und Erfahrungswissens.
- Ökologische Perspektive: Techniklehre beschäftigt sich hier mit der Frage der Ressourcen, des Recyclings und den Technikfolgen.

gungen ergeben sich verschiedene, auf die Technik bezogene Erkenntnisperspektiven bzw. Erkenntnisdimensionen. Grundsätzlich identifizieren lassen sich beispielsweise eine Sachdimension sowie eine human-soziale Dimension. Mit Blick auf verschiedene Wissenschaftsdisziplinen ergeben sich weitere Erkenntnisperspektiven, unter denen Chancen und Potenziale der Technik analysiert werden können. Zu nennen sind die naturwissenschaftliche, technikwissenschaftliche, arbeits- und berufswissenschaftliche, soziologische, anthropologische, physiologische, psychologische, ästhetische, ökonomische, ökologische, politische oder auch historische Perspektive (vgl. Ropohl 1979a, S. 32).
Eine Hilfestellung bei der Durchdringung und Strukturierung möglicher Probleme und Chancen in didaktischer Absicht bieten Raster bzw. Strukturgitter. Sie werden von unterschiedlichen Autoren als Instrument für die Curriculumfindung, als Hilfsmittel für die Inhalts- oder Themenauswahl und auch als methodisches Mittel im Rahmen der Unterrichtsgestaltung vorgeschlagen (vgl. Groth 1968 S. 177; Kell 1974, S. 45; Ott 2003; Pahl 2008).[38]
Mit Hilfe solch zweidimensionaler Strukturgitter lassen sich beispielsweise Fachinhalte strukturieren oder relevante Fachinhalte mit grundsätzlichen Zielbeschreibungen „kreuzen“, um so zu detaillierten Lernzielen zu kommen (s. Abb. 4.1).

Abb. 4.1: Didaktisches Raster zur Konkretisierung von Bildungszielen im Bereich technischer Bildung

Die Anordnung und Verknüpfung von Inhalten und Zielen im Rahmen eines Gitters oder Rasters stellt ein Hilfsinstrument dar, das nicht normativ gesetzt werden sollte. Nicht jedes Feld muss daher zwangsläufig ausgefüllt werden (Pahl & Ruppel 2008, S. 124). Berücksichtigt werden muss zudem, dass mit der Strukturierung in einem zweidimensionalen System bereits eine Reduktion verbunden ist, die möglicherweise der gegebenen Komplexität des Sachbereichs nur unzureichend gerecht wird. Zudem besteht bei der Konstruktion einer solchen Matrix die Gefahr, dass unterschiedliche Fachinhalte unter den ungerechtfertigten Einfluss einer Systematik gelangen und damit inhaltlich einseitig ausgelegt werden (vgl. Kaiser 1976, S. 104). Dies gilt

- Ökonomische Perspektive: Die wirtschaftlichen Bedingungen, die Interessen und Zwecke der Technik, einschließlich betriebs-, volks- und weltwirtschaftlicher Nützlichkeitsbetrachtungen (Technikbewertung) stehen hier im Mittelpunkt.
- Politisch-soziale Perspektive: Aus dieser Perspektive beschäftigt sich Techniklehre mit den Möglichkeiten (arbeits-)politischer Partizipation, Mitbestimmung und Selbstkontrolle, bezogen auf Arbeitsplätze und Sozialsysteme.
- Geistig-normative Perspektive: Inhalte können hier sein: Die Sinnhaftigkeit der technisch bestimmten, berufsförmig organisierten Facharbeit, die Aufarbeitung möglicher Normenkonflikte einschließlich moralischer Fragen und das Verhältnis von Technik und Kreativität. Weiter sind zu nennen: kulturelles Orientierungswissen, bezogen auf die künstlerisch-ästhetische Bildung und das Bewusstsein von der historischen Gewordenheit der Technik.

[38] Pahl (2008, S. 117) weist darauf hin, dass der Begriff Strukturgitter missverständlich ist, weil er fälschlicherweise suggeriert, die in dem Raster angeordneten Inhalte befänden sich zueinander bereits in einer gewissen Struktur.

im Übrigen auch für die Erweiterung solcher Strukturgitter, zum Beispiel zu mehrdimensionalen Kompetenzstrukturmodellen.

4.1.3 Ausgangspunkt: Technisch geprägte Lebens- und Handlungssituationen

Neben dem Leitbild gesellschaftlich relevanter Schlüsselprobleme, das im vorangegangenen Abschnitt um Schlüsselchancen bzw. Schlüsseltechnologien erweitert wurde, existiert mit der Forderung nach Bewältigung technikspezifischer Handlungs- oder Lebenssituationen ein weiterer Ausgangspunkt für den Suchpfad spezifischer Bildungs- und Lernziele (vgl. Ropohl 2004). Der Lebenswelt- oder Situationsansatz ist als argumentatives Grundmuster für die Identifizierung und Legitimierung von Bildungszielen und -inhalten fest etabliert und findet auch jenseits fachdidaktischer Veröffentlichungen Beachtung.[39]
Im Rahmen der hier vorgestellten Reduktionsstrategie für technikbezogene Bildungs- und Lernziele ist die Frage zu beantworten, welche Lebens- und Handlungssituationen im Rahmen technischer Bildungsprozesse auszuwählen sind bzw. welche Lebens- und Handlungssituationen von Schlüsselproblemen oder Schlüsselchancen berührt werden und welche Folgerungen daraus für die Anbahnung von Wissen, Können, Einstellungen, Werthaltungen oder Kompetenzen beim konkreten Individuum abzuleiten sind.

Lebens- und Handlungssituationen als curriculare Bezugsgröße: Der Rückbezug von Bildungsanliegen auf Lebens- oder Handlungssituationen hat Tradition. Er findet sich etwa im „Prinzip der Bewältigung von Lebensfragen“, das von John Dewey (1859-1952) im Rahmen des philosophischen Pragmatismus als Curriculumansatz eingefordert wurde. Josef Derbolav (1966, S. 129f.), der Erziehung und Bildung als dialektisches Phänomen zwischen dem Selbst und dem Anderen begreift, bezeichnet die Handlungssituation mit Hegel als eine Art „Im-Anderen-zu-sich-selber-Kommen“ und als Richtmaß und Bewährungskriterium des Bildungsgeschehens. „*Nicht in dem, was der Gebildete weiß und kann, sondern was er tut und wie weit er in seinen Taten der Sache zu ihrem Recht verhilft und sein Selbst verantwortlich zur Geltung bringt, ist das Maß seiner Individualität zu sehen*“ (ebd. S. 130).
Für Saul B. Robinsohn (1979, S. 47) stellt Bildung die Ausstattung dar, mit der der Heranwachsende Lebenssituationen bewältigen kann. Für die Auswahl von Bildungsinhalten skizzierte er deshalb drei Kriterien: 1. Die Leistung des Bildungsgegenstandes für das Verstehen der Welt, 2. Die Bedeutung eines Bildungsgegenstandes für eine sich anschließende Bildungsoption (Berufsausbildung oder Studium) und 3. Die Funktion eines Bildungsgegenstandes für bestimmte Verwendungssituationen im privaten und öffentlichen Leben.
Die für die technische Bildung relevanten Lebens- und Handlungssituationen sind in unterschiedlichen Bereichen zu suchen. Das „Bewährungsfeld“ umfasst sowohl den gesamten privaten Bereich (z.B. Wohnen, Bauen, Haushaltsarbeit, Konsum, Freizeit und Sport, Kultur und (Berufs-)Bildung, Information und Kommunikation), als auch den öffentlichen (Sozial-)raum (u.a. Verkehr, Versorgung und Entsorgung, Politische Partizipationsmöglichkeiten, Umwelteinwirkung) (vgl. Nölker 1983, S. 657; Sachs 1988, S. 14/ 1989, S. 154). Um näher an die Handlungsanforderungen derartiger Lebenssituationen heranzureichen, hat sich im didaktischen Diskurs das Rollenkonzept etabliert. Verbunden mit der Definition spezifischer Rollen ist die Erwartung, auf diese Weise eindeutige Verhaltens- und Handlungserwartungen definieren zu können.
Verknüpft man das Konzept der Schlüsselprobleme und Schlüsselchancen mit dem der Lebenssituationen können die Intentionen technischer Allgemeinbildung weiter eingegrenzt werden.

[39] Ein Beispiel ist das Positionspapier des Bayerischen Lehrerinnen und Lehrer Verbandes (BLLV) zur Technischen Grundbildung: Technische Grundbildung zielt danach „auf die Schaffung eines grundlegenden technischen Verständnisses, das die Orientierung in einer technikgeprägten Lebenswelt erlaubt und die Bewältigung von spezifischen Lebenssituationen und -aufgaben ermöglicht“ (BLLV 2001, S. 2).

Es geht demnach um die Aneignung von Wissen und Kompetenzen, mit deren Hilfe das Individuum jetzt oder in Zukunft gesellschaftlich relevante Schlüsselprobleme und Schlüsselchancen erfassen und Rückschlüsse für das eigene Verhalten in unterschiedlichen Lebenssituationen oder Handlungsbereichen ziehen kann.

Diskussion des Lebenswelt- bzw. Situationsansatzes: Für eine Konzeption von Curricula, die auf der Analyse möglicher Anforderungen aus bestimmten Lebenssituationen gründet, lassen sich überzeugende Argumente finden. Allerdings bringt eine solche inhaltliche Konzentration durchaus verschiedene Probleme mit sich. Das gilt auch für die technische Bildung. So begegnet Technik beispielsweise dem Menschen nicht immer nur als singuläres Phänomen oder gekapselte Anwendung, sondern oft als Verbund unterschiedlichster Systeme oder ganzer Infrastrukturen (etwa im Bereich der Verkehrs- oder Kommunikationstechnik). Hinzu kommt, dass Technik einerseits als materielles und geistiges Werkzeug für Schaffensprozesse fungiert, andererseits aber auch das Resultat dieser Prozesse ist. Diese Vielgestaltigkeit und Ambivalenz erschwert es, den Analysegegenstand in seinen Voraussetzungen und Effekten auf konkrete Lebenssituationen zu beschränken.
Grundsätzlich problematisch erweist sich der Situationsansatz im Rahmen der Curriculumdefinition nach Ansicht seiner Kritiker auch deswegen, weil mit den fokussierten Situationen der Eindruck erweckt werde, als seien diese objektiv ermittelte und mit wissenschaftlichen Mitteln fixierte Anhaltspunkte. Dagegen stehe jedoch die dynamische Entwicklung in Wirtschaft und Technik, die eine Prognose über zukünftige Anforderungen kaum zulassen würde (vgl. Tramm & Reetz 2010, S. 224). In Anbetracht der Pluralität und Unvorhersehbarkeit zukünftig zu bewältigender Lebenssituationen seien einfache Ableitungszusammenhänge daher grundsätzlich in Frage zu stellen. Eine Fixierung auf das jeweils Brauchbare und Situationserforderliche verleite zudem zu plattem, kurzschlüssigem Pragmatismus, so ein weiterer Kritikpunkt (vgl. Geißler 1977, S.30 ff. in Schmayl 2010, S. 149).
Angesichts dieser Monita scheinen systematische Orientierungen an der Sache für die Konzeption von Lehrplänen und Curricula weniger problematisch zu sein. Die Protagonisten derartiger Positionen argumentieren, dass man hier ohne die Übernahme bestimmter Handlungsorientierungen oder auch Rollenidentitäten auskommen könne und sich so beispielsweise konfliktäre Überschneidungen vermeiden ließen. Allerdings sind auch fachsystematische Ansätze nicht unproblematisch. Allein schon das weite Feld der Technik birgt die Gefahr, dass Intuition und Zufälligkeit die curriculare Zielfindung unangemessen beeinflussen.
Der Rückbezug auf einzelne Lebens- oder Handlungssituationen erweist sich bei aller berechtigten Kritik nach wie vor als brauchbare curriculare Reduktionstrategie, zumal Handlungsbezug, Kontextualisierung und Situierung ja auch lernpsychologisch und pädagogisch berechtigte Forderungen darstellen. Lebens- und Handlungssituationen sind allerdings jeweils vom übergeordneten Kontext her zu erschließen, will man der Gefahr begegnen, dass die Ziele des Unterrichts auf zu kleine Ausschnitte der Wirklichkeit fokussiert bleiben. Zudem sind sie in einen fachlichen und systematischen Zusammenhang einzuordnen.

Verhaltensperspektiven – wie können die Lebenssituationen bewältigt und gestaltet werden? Um die Ziele technischer Bildung begründen oder nachvollziehen zu können, wurden zwei Wege vorgestellt, die für die Konstruktion von Curricula in etlichen Fachdidaktiken eine Rolle spielen. Der eine baut auf Wolfgang Klafki´s Konzept der Schlüsselprobleme auf und führt zur Identifizierung technikspezifischer Probleme und Chancen sowie zu den zu ihrer Durchdringung notwendigen Erkenntnisperspektiven. Der andere Weg setzt an der Bewältigung von Lebenssituationen an. Mit den technikinduzierten Problemen und Chancen lässt sich der Lebenssituationsansatz insoweit in Verbindung bringen, als hier die gesellschaftliche Makroebene zwar verlassen, allerdings der davon beeinflusste unmittelbare Gestaltungsraum des Individuums in den Blick genommen wird. Damit stellt sich die Frage, welche Qualifikationen

oder Kompetenzen im Rahmen technischer Bildungsprozesse angebahnt werden sollten.
Ausgangspunkt für dementsprechende Überlegungen können die Anforderungen sein, die sich aus den unter bestimmten Perspektiven betrachteten Schlüsselproblemen oder Schlüsselchancen und den davon berührten Lebenssituationen ergeben. Vorschläge für die Formulierung konkreter Lernziele, Verhaltensperspektiven oder Kompetenzen gibt es etliche. Adolf Kell (1974, S. 45) beispielsweise stellt mit seinem didaktischen Strukturgitter jeweils vier Kriterien für die Definition von Qualifikationen dar, mit denen technische Prozesse in den Organisationsbereichen Haushalt, Unternehmung und Staat unter technischen, ökonomischen und politischen Bezügen gemeistert werden sollen: Analyse, Planung, Realisation und Kontrolle/Kritik.
Im mehrperspektivischen Technikdidaktikansatz lassen sich mit Blick auf verschiedenen Verhaltensperspektiven die Handlungsperspektive, die Kenntnis- und Strukturperspektive sowie die Bewertungsperspektive voneinander abgrenzen (Sachs 1989, S. 153). Verhaltensperspektiven gegenüber der Technik finden sich außerdem in einer Empfehlung zu Bildungsstandards Technik für den mittleren Schulabschluss. Urheber ist hier eine vom VDI eingerichtete Arbeitsgruppe, die das Papier im Anschluss an einen mehrstufigen Entwicklungs- und Abstimmungsprozess vorgelegt hat (VDI 2007). Die Empfehlungen beschreiben Kompetenzbereiche und stellen Standards vor, die anhand von Beispielaufgaben expliziert werden. Kompetenzen werden in fünf Bereichen beschrieben (s. Tabelle 4.1).

Tab. 4.1: Kompetenzbereiche für das Fach Technik lt. Empfehlung des VDI (2007)

Kompetenzbereiche im Fach Technik	
Technik verstehen	Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden
Technik konstruieren und herstellen	Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen
Technik nutzen	Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen
Technik bewerten	Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen
Technik kommunizieren	Technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen

Kompetenzbereiche wurden des Weiteren von einer nationalen Arbeitsgruppe aus Fachdidaktikern und Vertretern von Kultusministerien sowie Landesinstituten für ein Kerncurriculum mit den Schwerpunkten Berufsorientierung, Haushalt, Technik und Wirtschaft definiert. Das Kerncurriculum BHTW basiert auf der zentralen Kategorie Arbeit und präferiert ein Domänen-Verständnis, dass sich an der Bewältigung arbeitsrelevanter Lebenssituationen orientiert. Dafür werden Kompetenzen definiert und zwar gegliedert nach den Teildomänen Beruf, Haushalt, Technik, Wirtschaft. Der gesamte Lernbereich wird neben den Teildomänen in zwei weitere Teildimensionen unterteilt: In die Dimensionen „Handlungsebene“ und „Handlungsphase“. Innerhalb der Handlungsebenen wird unterschieden zwischen Entscheiden und Gestalten (a), Verstehen (b) und Bewerten und Mitgestalten (c). Die einzelnen Handlungsphasen können wiederum in die Bereiche Analysieren, Bewerten/Reflektieren und Entscheiden/Ausführen gegliedert werden (Oberliesen & Zöllner 2007).
Die einzelnen Vorschläge für eine Strukturierung von Verhaltensperspektiven oder Kompetenzen entlang technikbezogener Domänen, Handlungsbereiche oder Handlungsphasen zeugen vom Ringen um die Frage, was als Grundlage für die Lösung von technikinduzierten Problemen oder Lebenssituationen zu gelten hat. Dass die Basis für jegliche Verhaltensoption gegenüber

der Technik das technische Wissen ist, liegt auf der Hand. Wie tief und vor allem von welcher Art dieses Wissen sein sollte, ist für curriculare Entscheidungen und damit auch für Fragen zur methodischen Anbahnung dieses Wissens essentiell.

Tiefe und Breite technischer Allgemeinbildung: Es versteht sich, dass das Verhaltensrepertoire gegenüber der Technik unterschiedlich ausgeprägt sein kann. So lassen sich beispielsweise für die Auswahl, den Umgang und die Anwendung von technischen Geräten, Verfahren oder Methoden verschiedene Abstufungen definieren: Zum Beispiel eine technische Alltags- oder Anwenderkompetenz, wie sie die Interaktion oder das Verhalten gegenüber der Technik in Haushalt, Freizeit, Konsum und Gesellschaft einfordert und eine eher auf berufliche Zwecke hin ausgerichtete Expertenkompetenz, etwa im handwerklichen Herstellungsprozess, im konstruktiven Planungsprozess oder im technikwissenschaftlichen Forschungsbereich. Auch wenn Grenzen mitunter verwischen etwa, wenn technisch orientierte Hobbies professionell betrieben werden, müssen sich technisch orientierte Bildungsziele am Kontext des jeweiligen Bildungsbereichs und Leistungsprofils orientieren und davon ausgehend das Anforderungsniveau festlegen.

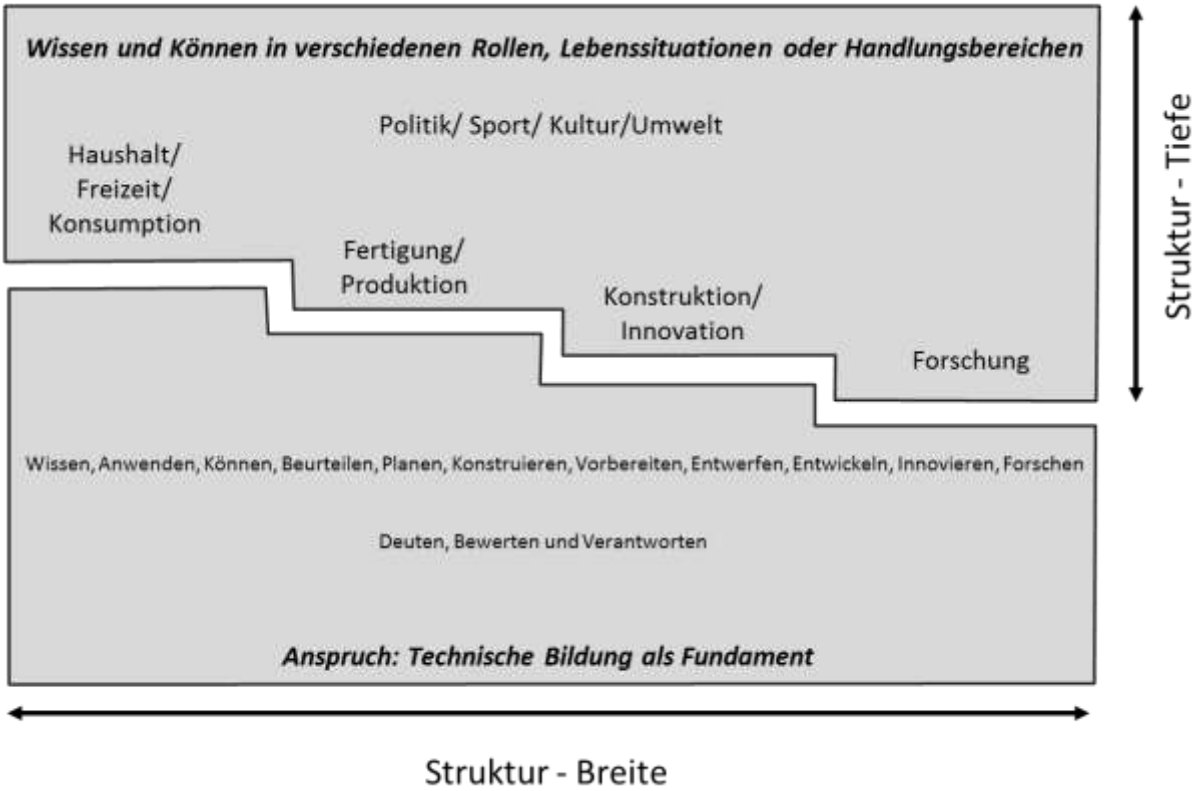

Abb. 4.2: Tiefe und Breite technischen Wissens und Könnens

Die Vielschichtigkeit der von Technik berührten Probleme, Chancen, Erkenntnisperspektiven, Lebenssituationen und Verhaltensperspektiven erschwert einfache oder eindimensionale Aussagen zu Umfang und Qualität technischer Kompetenzen. Generell muss sich die technische Allgemeinbildung im Spannungsfeld zwischen den Positionen „von Wenigem viel“ oder „von Vielem wenig“ jedoch zu letzterem hinwenden, wobei das Wenige das Bedeutsame, Wesenseigene und Grundlegende sein muss. Während berufliches oder disziplinspezifisches Wissen und Können daher curricular eher in die Tiefe strukturiert werden muss, ist das Wissen und Können technischer Allgemeinbildung für seine Eigenschaft als Fundament eher in die Breite zu strukturieren (s. Abb. 4.2).

In die Breite zu strukturieren meint hier die Suche nach grundlegenden Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten, die einen anschlussfähigen Charakter besitzen und trotz hoher Innovationsgeschwindigkeit eine gewisse Halbwertszeit aufweisen. In die Tiefe strukturieren dagegen meint einerseits eine substanzielle Tiefe an Kenntnissen oder Schlüsselkonzepten, andererseits aber auch tief verinnerlichte Fertigkeiten und Fähigkeiten, wie sie etwa durch oftmalige Repetition, also Übung erreicht werden. Erst eine solche Basis impliziten Wissens erleichtert es seinem Träger, sich vom engen Korsett der Regeln und Strukturen zu entfernen und schafft damit den Raum für innovative Prozesse.
Den Kern technischer Bildung bildet – egal auf welcher Stufe – das technische Wissen. Es soll nachfolgend näher charakterisiert werden.

Exkurs – Das Wesen technischen Wissens: Neben der Weckung eines allgemeinen Technikinteresses ist das vorrangige Ziel technischer Bildung der Aufbau strukturierten Wissens über die Technik. Wissen bildet die Grundlage für die Erreichung aller weiteren Ziele.
Hinsichtlich der Auffassung, wie sich technisches Wissen charakterisieren lässt, welche Bestandteile es aufweist und was davon zum spezifischen Kern einer technischen Bildung zu zählen ist, existieren indes verschiedene Positionen. Die Ursache hierfür bilden jeweils eigene Blickrichtungen auf Technik und ihre Anwendungen.
Unabhängig vom fachdidaktischen Diskurs hat sich erst in den letzten Jahrzehnten ein umfangreicherer Austausch zur Klärung der inneren Struktur technischen Wissens formiert (Kornwachs, Spur & Hubig 2013, S. 11). Veröffentlichungen zum Wesen technischen Wissens zeigen, dass man sich diesem Komplex aus verschiedenen Richtungen annähern kann. Beispielsweise mit Blick auf die einzelnen Wissensfacetten und ihren Zusammenhang, entlang der Historizität und Entwicklungsgeschichte des Wissens, bezogen auf die jeweiligen Anwendungsbereiche oder unter dem Fokus des Wissenschaftsbezugs.
Intensiv mit den Objekten beziehungsweise Bestandteilen technischen Wissens haben sich u.a. Iwanow und Tscheschew (1982, S. 39ff.) auseinandergesetzt und zählen Arbeitsfertigkeiten, Technologien, Stoffe und Materialkunde, strukturell-morphologische und funktionale Zusammenhänge dazu. Außerdem rechnen sie die innerhalb dieser Zusammenhänge wirkenden Naturgesetze zum festen Bestandteil technischen Wissens. Die in solchen Aufzählungen zum Ausdruck kommende Segmentierung ist jedoch allenfalls analytisch sinnvoll, da technisches Wissen stets in sich und mit anderen Bestandteilen verwoben ist. Auch darauf weisen Iwanow und Tescheschew (1982, S. 179ff.) hin, wenn sie feststellen, dass sich technisches Wissen in der Fähigkeit zeigt, morphologische Strukturen und funktionale Wirkbezüge in eine Einheit zu bringen, also Struktur und Funktion technischer Objekte oder Verfahren in Beziehung zu setzen. Wo diese Beziehung allein auf Erfahrung gründet, bleibt das Wissen zwar praxistauglich, aber nur bedingt übertragbar. Ein tieferes Verständnis von Technik oder einzelner Technologien kann sich ihrer Meinung nach nur dann ausbilden, wenn die Wirkung eines jedes Elements als Bestandteil eines sich im Objekt vollziehenden naturgesetzlichen Prozesses aufgedeckt werden kann.
Deutlicher als 1982, als Iwanow und Tescheschew ihre Einschätzung zum technischen Wissen niederlegten, zeigt sich heute, dass die informationelle Modellierung eines technischen Systems genauso zum technischen Wissen zählt, wie die Modellierung nach naturgesetzlichen Wirkzusammenhängen.
Die integrative Struktur des technischen Wissens kommt bei Jobst (1995, S. 35ff.; 2006, S. 184ff.) zum Ausdruck, indem er verschiedene Merkmale definiert. Er charakterisiert technisches Wissen als

- kombinativ, durch die Verknüpfung stofflicher, energetischer, regelnder oder steuernder Vorgänge,

- multidimensional, durch unterschiedliche Ebenen theoretischen, empirischen und Erfahrungswissens,
- antizipativ, durch die zweckgebundene gedankliche Vorwegnahme technischer Lösungen,
- kontextuell, da die einzelnen Aussagen ihr Gewicht erst durch ihre Verortung in komplexen Aussagen- und Voraussagensystemen erhalten,
- polydeterministisch, weil technische Systeme eine Vielzahl technikinterner aber auch technikexterner Elemente integrieren, die gedankliche Vorwegnahmen von Systemlösungen daher eine Reflexion dieser Elemente und ihrer Verknüpfung erforderlich macht.

Ropohl (1979a, S. 209ff.) zählt in seiner Systemtheorie der Technik ganz allgemein verschiedene Varianten technischen Wissens auf. Er unterscheidet zwischen dem eher handwerklich-orientiertem technischen Können, dem funktionalen, auf menschliche Verhaltensweisen und produktive Sachfunktionen bezogenen Regelwissen, dem tieferen, auf Eigenschaften von Materialien und Sachelementen und ihrer konstruktiven Kopplung bezogenen strukturalen Regelwissen und dem technischen Gesetzeswissen. Letzteres versteht er als Resultat technikwissenschaftlicher Forschung.
Eine ausführliche kategoriale Bündelung der Arten technischen Wissens nimmt auch Kornwachs (2012/2013) vor und gliedert das innerhalb der Technikwissenschaften repräsentierte Wissen entlang der Grundlagenwissenschaften, der angewandten Wissenschaften und der technologischen Praxis. Ausgehend von diesen Wissenschaftsbereichen kann weiter unterschieden werden in den empirisch-theoretischen Bereich (Wissen um theoretisch-erfahrungswissenschaftliche Bedingungen: *Know why*), den empirisch-phänomenologischen Bereich (Wissen um Phänomene und Sachverhalte: *Know what*), den Wertebereich (Wissen um Normen, Werte und Ziele: *Know for what*), den pragmatischen Bereich (Begründungswissen technischer Praxis: *Know why*) und den Bereich der konkreten Gestaltung (Technisches Wissen und Können: *Know how*). Die Wissensarten und Bereiche sind dabei nicht vollständig zu trennen, wie Kornwachs (2012, S. 47) ausführt. Die Verwobenheit zeigt sich beispielsweise darin, dass Fragen aus der Praxis Anregungen für Grundlagenwissenschaften sein können oder angewandte Kenntnisse nachträglich durch Regeln oder Naturgesetze erklärt werden.
Eine genauere Charakterisierung des Wissens innerhalb des theoretisch-empirischen, angewandten und gestaltenden Bereichs berührt unterschiedliche Aspekte, die auch für didaktische Fragestellungen relevant sind. Dazu gehört der Wahrheitsanspruch bzw. die Gewissheit des Wissens, die Methodik zur Erkenntnisgewinnung oder auch die jeweilige Struktur des technischen Wissens (Kornwachs 2013, S. 142) (s. Abb. 4.3).

	Grundlagen-wissenschaften	Angewandte Wissenschaften wie Technikwissenschaften	Technologie Praxis Technik
Logische Form	A → B	*B* per *A*	*A*
Kriterien	Wahrheit	Effektivität	Effizienz
Elemente der Theorie	(Natur-)Gesetze	Regeln	Durchführung (Handlung)
Gewinnung neuer Erkenntnisse	Beobachtung Experiment Berechnen (Theorie)	... Test Simulation	Beobachten Bau Modellbau
Prognosen	Deduktiv	Abductiv Funktionsvermutung	Fakultativ (Fähigkeit)
Typen von Aussagen	Deskriptiv	Normativ	Normativ-possibilistisch
Struktur des Wissens	Explizite Erklärung Relation	Explizite Zweck-Mittel-Relation	Explizit: Richtlinien, Normen, Leistungsheft, Protokoll; Implizit: Fähigkeit, Können

Abb. 4.3: Struktur technischen Wissens, kontrastiert mit wissenschaftlichem Wissen (Kornwachs 2013, S. 143)

Die verschiedenen Analysen machen deutlich, dass technisches Wissen empirisch-theoretische, erfahrungswissenschaftliche und praktische Bestandteile integriert. Vernetzt in Bezug auf Voraussetzungen und Folgen ist dieses Wissen zudem mit Elementen außerhalb der eigentlichen naturwissenschaftlich-technischen Erkenntnisebene. Zu den wissenschaftlichen Quellen technischen Wissens zählen neben den Natur- und Technikwissenschaften daher auch die Sozial- und Geisteswissenschaften. Aus diesen Wissenschaftsdisziplinen werden beispielsweise soziale, ökonomische oder auch ökologische Notwendigkeiten oder normative Überlegungen eingespeist. Angesichts der immer komplexer werdenden technischen Systeme sieht Werner Rammert (2013, S. 52) zudem einen wachsenden Bedarf an logistischem und sozialwissenschaftlichem Wissen. Dieses Wissen sei für das Management und die Governance gemischter Systeme notwendig. Nur so könnten deren technische, rechtliche, ökonomische und kulturelle Aspekte angemessen ausbalanciert werden.

Die Charakterisierung technischen Wissens in all ihren Facetten lässt den Schluss zu, dass es zu einem Gutteil aus prozeduralen Bestandteilen besteht. Entsprechende Regeln, Vorgehensweisen oder Handlungsfolgen ermöglichen die Aneignung von Erkenntnissen, die Lösung von Problemen oder die konkrete Gestaltung und Bedienung von Technik. Diese prozeduralen Bestandteile können als Methoden identifiziert werden.

In der nachfolgenden Abbildung 4.4 werden Bestandteile und Bezugswissenschaften des technischen Wissens noch einmal dargestellt.

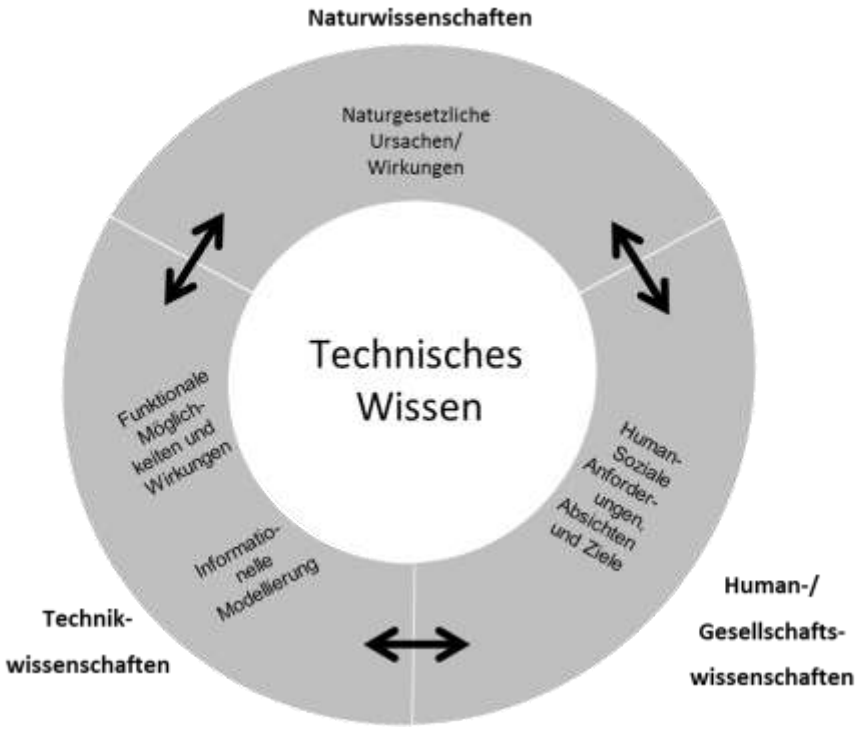

Abb. 4.4: Bestandteile technischen Wissens

Die unterschiedlichen Auffassungen zu Wesen und Werden technischen Wissens lassen sich auch in den vorhandenen werk- und technikdidaktischen Konzeptionen deutlich nachzeichnen. So liegt der Fokus beim polytechnischen Ansatz beispielsweise auf dem ökonomisch-technologischen Kontext technischer Artefakte und Sachsysteme. Andere Konzepte betonen die Wesenseigenheiten oder Sinnbezüge industrieller oder handwerklicher Techniken (z.B. die Bauhauslehre oder werkdidaktische Ansätze, wie etwa der von Karl Klöckner 1965). Wieder andere Ansätze legen ein besonderes Augenmerk auf die Arbeits- oder Aufgabenformate innerhalb der Technikgenese (etwa Werner Linke 1961 oder Georg Groth 1968).

4.1.4 Konkretisierung der Lernziele technischer Bildung

Im Gegensatz zu den curricularen Lehrplänen gehen die heute dominierenden kompetenzorientierten Curricula der Frage bewusst aus dem Weg, welche konkreten Lern- oder Unterrichtsziele verfolgt werden sollen. Eine intentionale Konkretisierung ist jedoch eine notwendige Voraussetzung für die Planung und Gestaltung jeglicher Bildungsmaßnahme und damit auch für methodische Überlegungen. Während die beiden vorangegangenen Abschnitte dem Verständnis der Konstruktion beziehungsweise Interpretation übergeordneter Bildungsziele dienen sollten, soll hier nun der Frage nachgegangen werden, wie man von Bildungszielen, Bildungsstandards oder Grobzielen zu konkreten Lern- oder Feinzielen aufschließt. Einer einfachen Ableitung konkreter Ziele aus den Vorgaben steht in der Regel ein Konglomerat aus fachlichen, didaktischen, pädagogischen und psychologischen Erwägungen entgegen. In der Praxis findet demnach ein curricularer Transformationsprozess durch die Lehrenden statt und zwar vom formalen hin zum individuellen Curriculum (Kron 2008, S. 222). Gekennzeichnet ist dieser Prozess durch subjektive Interpretationen und Schlussfolgerungen der Vorgaben. Um sich nicht allzu weit von den ursprünglichen Bildungsabsichten zu entfernen, lohnt sich daher eine Rückverfolgung der Ziele oder Kompetenzen bis zu den ggf. dahinterliegenden Überlegungen zu Schlüsselproblemen, Schlüsselchancen und Lebenssituationen sowie den daraus sich ergebenden Erkenntnis- und Verhaltensperspektiven.

Richtungsbestimmung von Lernzielen: Bildungsziele, Grobziele, Kompetenzen oder Bildungsstandards lassen im Allgemeinen die beabsichtigten Erkenntnis- und Verhaltensperspektiven durchscheinen. Wie in Abschnitt 4.1.3 dargestellt, können Erkenntnisperspektiven in verschiedene Dimensionen eingeteilt werden, z.B. in eine naturwissenschaftlich-technologische, eine human-soziale und eine ökologische Dimension. Für die nähere Operationalisierung eines vorhandenen Bildungszieles, also für eine Beschreibung des gewünschten Endverhaltens des Lerners, ist die Verhaltensperspektive zu analysieren. Hierzu sind, wie in Abschnitt 4.1.3 dargelegt, wieder verschiedene Möglichkeiten gegeben, etwa Analysieren, Konstruieren und Herstellen, Nutzen, Bewerten und Beurteilen oder Kommunizieren. Ist ein curricular vorgegebenes Ziel nicht eindeutig einer bestimmten Erkenntnis- oder Verhaltensperspektive zuzuordnen, muss diese „Richtungsbestimmung" durch das Bildungspersonal erfolgen. Für die Richtungsbestimmung können – wie bei der Analyse der Schlüsselprobleme bzw. Schlüsselchancen vorher – wiederum didaktische Raster helfen (vgl. Pahl 2008, S. 116ff.).

Bezug von Lernzielen auf konkrete Lerninhaltsbereiche: Selbst, wenn die vorherrschende Erkenntnisperspektive und damit der Inhaltsbereich sowie das grundsätzlich angestrebte Endverhalten bereits grob geklärt sind, erschwert die Vielfalt möglicher Inhalte die Konkretisierung von Lernzielen. Es ist eine Antwort auf die Frage zu finden, an welchen konkreten Lerninhalten die Verhaltensoptionen nun ausgebildet bzw. angebahnt werden können. Die Problematik der Findung geeigneter Lerninhalte wird auch deswegen erschwert, weil Ziele und Inhalte sich nicht immer konsequent auseinanderdividieren lassen. Der Entscheidungsraum für die Definition konkreter Lern- oder Feinziele ist demnach um die Dimension Inhalt zu erweitern (s. Abb. 4.5). Ohne der in Kapitel 4.2 beabsichtigten näheren Charakterisierung technischer Lerninhalte vorgreifen zu wollen, sollen diese kurz skizziert werden.
Technik hat einen zweckgerichteten Charakter, der die Realisierung technischer Artefakte, Sachsysteme oder Prozesse zum Ziel hat. Eine zentrale Rolle nehmen bei den Inhalten technischer Bildung daher die zweckorientierten, künstlichen Gebilde, also die technischen Sachsysteme selbst ein. Sie lassen sich unter verschiedenen Aspekten oder Erkenntnisperspektiven analysieren. Über eine funktionale Analyse in Haupt- und Teilfunktionen kann dabei bis zu den inhärenten Funktions- und Wirkprinzipien technischer Systeme vorgedrungen werden. Da diese auf naturwissenschaftlichen Gesetzen und Wirkprinzipien basieren, gehören naturwissenschaftliche Erkenntnisse ebenfalls zu den unabdingbaren Inhaltsbereichen technischer Bildung. In technischen Artefakten und Sachsystemen sind Können, Wissen und Wollen einzelner Menschen vergegenständlicht (Ropohl 1988, S. 87). Als materieller Teil der Kultur kann die Technik daher nicht losgelöst von ihren Herstellungs- und Verwendungszusammenhängen betrachtet werden. Neben die naturwissenschaftlich-technologische Dimension tritt demnach die human-soziale Dimension der Technik. Selbst klassische technikwissenschaftliche Probleme lassen sich nicht allein auf eine Sach- und Objektebene festlegen, stets ist der Mensch in seiner biologischen und sozialen Dimension sowohl als Hersteller und Nutzer mitzudenken. Zum Inhaltsbereich technischer Bildung gehören daher die technischen Handlungen, Vorgehensweisen, Methoden oder Prozesse, die bei Herstellung, Verwendung oder Außerbetriebnahme von Technik von Bedeutung sind. In der Beschäftigung mit der Technikgeschichte erschließt sich einerseits die Nützlichkeit sowie lebenserleichternde Funktion der Technik für Individuum und Gesellschaft, andererseits fordert die Betrachtung historischer Fehlentwicklungen oder Katastrophen zur Suche nach Antworten auf, wie ähnliche Irrungen zukünftig vermieden werden können. In der soziohistorischen Deutungsperspektive schließt die Technikgeschichte zur Technikbewertung auf. Ihr wird auch deswegen eine eigenständige Rolle zugebilligt, weil sie einen Zugang zu politischen, wirtschaftlichen, wirtschaftsgeographischen oder auch philosophischen und ethischen Fragen eröffnet.
In Anlehnung an die systematischen Betrachtungen Ropohls (1979a) zur Technik sowie der Gliederung von Henseler und Höpken (1996, S. 33) lassen sich zusammenfassend folgende

globale Inhaltsbereiche technischer Bildung definieren:

- Technische Artefakte, Sachsysteme und Prozesse
- Naturwissenschaftliche Grundlagen
- Technische Handlungen und methodische Vorgehensweisen in der Technik
- Technikgeschichte
- Technikbewertung

Den gesamten Entscheidungsraum zur Spezifizierung übergeordneter Bildungsziele sowie zu ihrer Konkretisierung in Lernziele verdeutlicht die Abbildung 4.5.

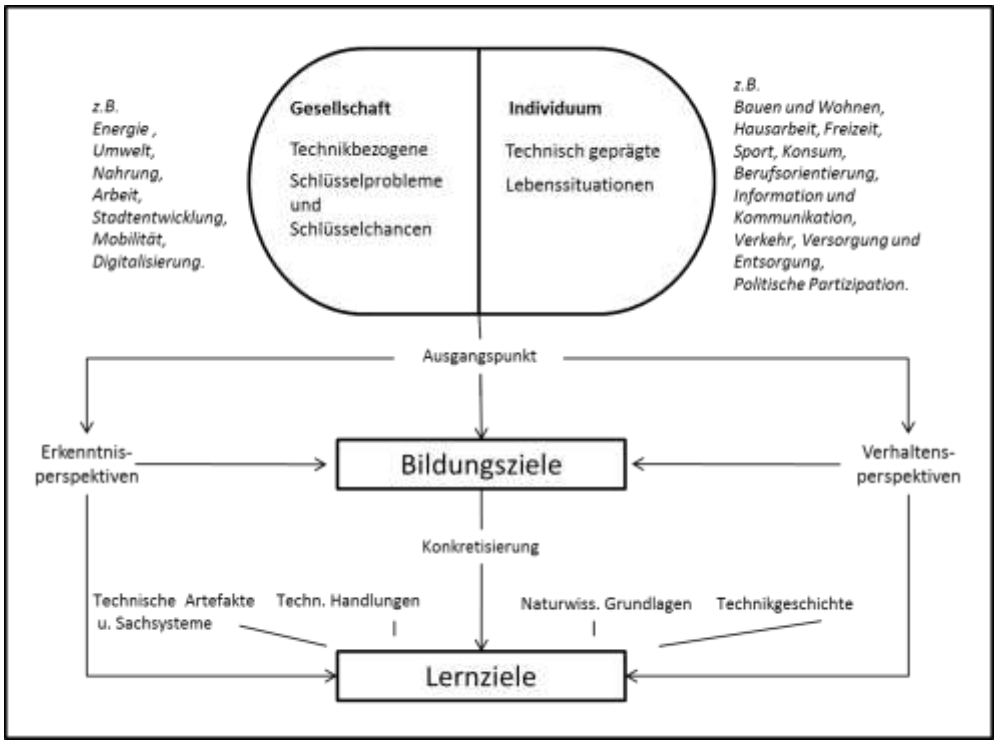

Abb. 4.5: Entscheidungsraum zur Bestimmung übergeordneter Bildungsziel und konkreter Lernziele technischer Bildung (vgl. Köck 2007, S. 56)

Operationalisierung: Mit der Entscheidung für bestimmte Erkenntnis- und Verhaltensperspektiven sind die Operatoren für die konkreten Lern- oder Feinziele bereits vorbestimmt. Um sie zu erreichen, sind jedoch ggf. Teilziele zu formulieren. Dabei können die Operationsnamen von Müller (1990, S. 107) behilflich sein (s. Tabelle 4.2). Sie sind zwar auf den Konstruktionsvorgang bezogen, lassen sich jedoch auch für Verhaltensbeschreibungen in anderen technischen Handlungsbereichen verwenden.

Tab. 4.2: Operationsnamen als Grundlage für die Beschreibung von Lern- und Feinzielen im Rahmen technischer Bildung (vgl. Müller 1990, S. 107)

1. Bestimmen - berechnen - bemaßen - dimensionieren - festlegen - festsetzen (definieren) - gestalten - normieren - standardisieren **2. Beurteilen** - abschätzen - testen - erkunden - prüfen - erproben - bewerten - verteidigen **3. Entscheiden** - abbrechen - annehmen - bestätigen - festsetzen - normieren - standardisieren - verringern (begrenzen) - verwerfen - wählen **4. Erschließen** - annehmen (Hypothese bilden) - applizieren (anwenden) - auswerten - beauflagen - bestätigen (Glaubwürdigkeit erhöhen) - fundieren (begründen) - reduzieren	**5. Generieren** - projektieren - kombinieren - strukturieren (Struktur bilden) - entwickeln - erfinden - erzeugen - suchen - synthetisieren - assoziieren - transferieren **6. Informieren (sich)** intern orientiert: - aktualisieren - aktivieren - identifizieren - transferieren (Analogie) extern orientiert: - vorinformieren (abschätzen) - abfragen - abrufen - identifizieren - suchen - selektieren - aufbereiten - transferieren **7. Integrieren** - ordnen - anordnen (klassifizieren, systematisieren) - abstimmen - strukturieren (anordnen) - aggregieren (Ganzheit bilden)	**8. Konstatieren (befinden)** - schätzen (schnell, vage, routiniert) - testen - analysieren - auswerten - erkunden - erproben - feststellen (abbilden, ermitteln, untersuchen) - messen **9. Korrigieren** - ändern - ergänzen (komplettieren) - erweitern - austauschen - variieren (umstellen) - reduzieren - verringern (einschränken) - abrüsten - aufrüsten - präzisieren - anpassen - optimieren **10. Speichern** - archivieren - katalogisieren - notieren - berichten **11. Steuern** - ausführen - Plan abarbeiten **12. Abstrahieren** - verallgemeinern	**13. Analysieren** - Aufwand/Nutzen/Relation analysieren - Defekt/Schwachstellen/Lücken analysieren - Funktionswertfluss analysieren - Wirkpaarung analysieren - vorinformieren - schätzen - feldforschen - explizieren **14. Darstellen** - auflisten - beschreiben - codieren - notieren - skizzieren - verdichten - zeichnen **15. Konkretisieren** - belegen - detaillieren - untersetzen (spezifizieren, substituieren) **16. Manipulieren** **17. Modellieren** - simulieren **18. Transformieren** **19. Vergleichen** - bilanzieren - konfrontieren - unterscheiden **20. Vorstellen** **21. Zergliedern** - analysieren - detaillieren - zerlegen (Dekomposition vornehmen)

4.1.4 Exkurs: Probleme und Chancen im Kontext von Technik und technischer Bildung

Eine Arbeit, die zu begründeten Methodenentscheidungen im Bereich technischer Bildung beitragen will, kann nicht der Ort sein, im Einzelnen alle Schwierigkeiten oder Optionen in Zusammenhang mit Technik und technischer Bildung aufzuschlüsseln. Exemplarisch soll jedoch an verschiedenen Entwicklungen das Potenzial an Problemen und Chancen erörtert werden, das bei der Zielfindung technischer Bildungsprozesse Berücksichtigung finden kann.
Die gebotene Ausschnitthaftigkeit bringt es mit sich, dass dabei interessante Aspekte unbeleuchtet bleiben müssen. Dazu zählen zum Beispiel die derzeit intensiv diskutierten Entwicklungsmöglichkeiten der Künstlichen Intelligenz und die damit verbundenen Teilproblematiken, wie die Einschränkung der Willensfreiheit. Unberücksichtigt bleiben müssen ferner die Auswirkungen der Technik auf das Gesundheitswesen oder auch mögliche Folgen der Verknüpfung von Nano-, Bio-, Informations- und Kognitionstechnologien (vgl. dazu Karafyllis 2009, S. 344; Fischer 2004, S. 120ff.).

4.1.4.1 Technik und Bildung bzw. Qualifizierung

Probleme und Chancen: Frühe Auseinandersetzung mit Technik[40]
Wie in anderen Bildungsbereichen auch, steht das pädagogische Handeln in den vorschulischen Bildungseinrichtungen unter einem ständigen Legitimationszwang. Dies führte und führt zu verschiedenen pädagogischen Konzepten. In den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts dominierten behavioristische und an der Entwicklung allgemeiner „Funktionen“ des Kindes orientierte Konzepte. Sie orientierten sich am Denken, Fühlen oder an der Kreativität des Kindes. Mit der Curriculumphase in den 70er Jahren kam es auch im Elementarbereich zu funktions- und disziplinorientierten Ansätzen, die zum Ziel hatten, Kinder systematisch in die elementaren Kenntnisse der Mathematik, des Schreibens und Lesens sowie der Naturwissenschaften einzuführen. Den Fokus auf die Förderung benachteiligter Kinder legten dagegen kompensatorische Ansätze (Wannack 2010, S. 20). Ergänzt wurden diese Konzepte ab den 80er Jahren durch die Beschäftigung mit spezifischen Lebenssituationen, wobei sich sowohl Inhalte als auch Erziehungsprozesse vorrangig an den Wünschen und Bedürfnissen der Kinder und nicht so sehr an der Struktur der Inhalte oder den zu erreichenden Zielen orientierten (vgl. König 2007, S. 2). Insgesamt wurde den Selbstentwicklungskräften des Kindes ein relativ großer Freiraum eingeräumt. Die Bildungsarbeit des Kindergartens orientierte sich sehr stark an den vom Kind vorgebrachten Bedürfnissen sowie an Spiel und Phantasie. Infolge neuro- und kognitionswissenschaftlicher Erkenntnisse hat sich seit geraumer Zeit jedoch die Auffassung durchgesetzt, dass die kognitive Entwicklung systematischer als bisher von außen stimuliert werden kann und sollte. Die Erkenntnis über die frühe, bereits vor Schuleintritt beginnende Entwicklung von Kompetenzen sowie über die Bindung des Kompetenzerwerbs an bestimmte Lernbereiche führte in den einzelnen Bundesländern dazu, dass man den relativ beliebigen Bildungsangeboten der Erziehungseinrichtungen mit den sogenannten Bildungs- und Erziehungsplänen einen formellen Katalog an Zielen beigestellt hat. Beabsichtigt ist damit die gezielte Förderung differenzierter und nachhaltiger Lern- und Bildungsprozesse in spezifischen Bildungsbereichen. Dazu zählt auch die Beschäftigung mit Naturwissenschaft und Technik. Diese Entwicklung stellt einen gewissen Paradigmenwechsel dar, der insbesondere das Erziehungspersonal in die Pflicht nimmt. Den Erzieherinnen und Erziehern kommt die Aufgabe zu, dem Kind als „Ko-Konstrukteure“ bei der Erschließung der Umwelt und dem Aufbau des Wissens zur Seite zu

[40] Der Abschnitt ist im Wesentlichen eine Zusammenfassung des Aufsatzes „Über das Staunen hinausführen: didaktische Überlegungen zum Bildungsbereich Naturwissenschaft und Technik.“ (Köck 2017).

stehen.
Die Erkenntnis, dass Kinder für einen frühen, ihrem Alter entsprechenden Zugang mit naturwissenschaftlich-technischen Themen motivational wie kognitiv durchaus aufgeschlossen werden können, ist heute wissenschaftlich unbestritten und bestätigt sich im Alltag: Bereits Vorschulkinder gehen mit Technik recht selbstverständlich um. Sie handhaben Spielzeug mit mechanischen Funktionen oder elektrischen Antrieben, telefonieren und nutzen Lern- oder Spielsoftware am Computer.
Die Forderung diesem Bildungsbereich daher mehr Raum als bisher in der vorschulischen und schulischen Bildung einzuräumen, wird durch verschiedene Argumente flankiert. Mit dem Heranführen der Kinder an Naturwissenschaft und Technik ist die Erwartung verbunden, Interesse für den sogenannten MINT-Bereich zu wecken (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) und damit einseitigen Rollenprägungen entgegenzuwirken. Innerhalb der öffentlichen Debatte schwingt dabei auch die Vorstellung mit, so die spätere Berufswahl und letztlich die Innovations- oder Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaft günstig beeinflussen zu können. Neben diesem ökonomischen Aspekt, wird aber auch das Kind selbst in den Blick genommen und die Grundlegung eines naturwissenschaftlichen-technischen Verständnisses in frühen Jahren als Basis für die individuelle Partizipation in zunehmend von Technik geprägten bzw. abhängigen Gesellschaften gesehen.
Individuell treffen naturwissenschaftlich-technische Phänomene nicht nur bei Kindern oft auf ein unbefriedigtes Interesse, das technischen Wirkungen mit Aufgeschlossenheit begegnet und realisiert, dass etwas funktioniert, aber nicht, wie es funktioniert (vgl. Duismann 2010, S. 206). Es besteht daher sowohl ein gesellschaftliches Interesse als auch ein individuelles Verlangen, technische Phänomene nicht nur wahrzunehmen, sondern Technik in ihren Sinnbezügen zu erfassen oder sogar aktiv mitzugestalten. Dem stehen andererseits Sozialisationsbedingungen entgegen, die dazu führen, dass „*Kinder immer weniger Gelegenheiten haben, sich mit technikbezogenen Inhalten, mit Bastel-, Bau-, Konstruktions- und „Erfinder“tätigkeiten zu beschäftigen*“ (Buhr 2008, S. 26).[41]
In Kindertagesstätten genauso wie in der Grundschule muss die Auseinandersetzung mit Technik nicht grundlegend neu erfunden werden, sie ist seit langem präsent: Beim Werken oder Gestalten, bei der Materialerfahrung oder beim Lesen in Sachbilderbüchern. Der stete Umgang mit Technik in Form von Werkzeugen, Artefakten oder Systemen in Freizeit und Spiel bildet die Grundlage dafür, Technik als selbstverständlichen Bereich menschlicher Kultur zu begreifen. Gerade der unbefangene Umgang mit Materialien und die selbst auferlegten Regeln und Ziele im Spiel bieten unterschiedliche Gelegenheiten, wichtige Fähigkeiten auch für das technische Tun zu erwerben. Allerdings verbleiben Kinder – wie die meisten Erwachsenen auch – in der alltäglichen Auseinandersetzung mit Technik in einer vorwiegend rezeptiven Nutzer- oder Anwenderrolle, die heute weder den gesellschaftlichen Ansprüchen an Kindererziehung noch den tatsächlichen individuellen Erfordernissen des Kindes nach Weltaufschluss genügen kann. Auch die im Primarbereich präferierten und der kindlichen Entwicklung durchaus angemessenen unmittelbaren sinnlichen Erfahrungen sind oftmals allein nicht mehr ausreichend: Um die Technik in ihrer Vielschichtigkeit zu erfassen, ist ein über das bloße Staunen, Betrachten und Anwenden von Technik hinausreichendes Repertoire an methodischen Zugängen und inhaltlichen Grundlegungen sinnvoll.
Mit der frühen Beschäftigung mit Naturwissenschaften und Technik wird dem kindlichen Interesse an der natürlichen und gestalteten Umwelt entsprochen. Dem Interesse lässt sich durch das situationsgerechte Eingehen auf die Bedürfnisse der Kinder genauso zuarbeiten wie durch inhaltlich und methodisch geplante und gestaltete Lern- und Spielumgebungen. Mit unterschiedlichen methodischen Möglichkeiten können gezielt grundsätzliche Herangehensweisen an naturwissenschaftlich-technische Fragestellungen angebahnt werden. Dazu zählen neben der

[41] Dass eine solche Bestandsaufnahme durchaus nicht neu ist, zeigt beispielsweise Wehnes (1964a, S. 136f.).

genauen Beobachtung beispielsweise das Experimentieren, Messen und (zeichnerische) Protokollieren. Innerhalb überschaubarer Werkprojekte können die Kinder zudem allgemeine „handwerkliche“ und konstruktive Fähigkeiten erwerben. Inhaltlich muss es dabei um elementares Wissen sowie um grundlegende Zusammenhänge gehen. Die Kinder lernen Materialien und Stoffe kennen und beurteilen sie im Hinblick auf ihre ökologische und ökonomische Bedeutsamkeit. Sie eignen sich naturwissenschaftlich-technische Kenntnisse an, die ihnen bei ihrem Weltaufschluss helfen und im unmittelbaren Lebensbereich der Kinder „geerdet“ sind. Durch die Beschäftigung mit Natur und Technik wird Rollenzuweisungen und unterschiedlichen Sozialisationsbedingungen entgegengewirkt. Des Weiteren reflektieren die Kinder technische Artefakte im Hinblick auf ihre Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge. So erschließen sie sich einerseits den objektiven nutzorientierten Sinnzusammenhang sowie andererseits den auf ihre eigene werdende Persönlichkeit bezogenen subjektiven Sinn der Technik.
Eine solche altersgemäße naturwissenschaftlich-technische Bildung, die sich zudem noch als anschlussfähig für schulische Formen des Lernens erweist, ist eine Chance für die Zukunft.

Probleme und Chancen: Fachkräftemangel und Arbeitsmarkt
Menschen bringen die Technik hervor und nutzen sie. Die Ausdehnung der Technik in die verschiedensten gesellschaftlichen Bereiche fordert selbst bei Gegenrechnung von Rationalisierungspotenzialen ein hinreichend großes Reservoir an qualifizierten Fachkräften. Langfristige Arbeitsmarktprojektionen deuten darauf hin, dass die Arbeitskräftenachfrage nach Personen mit einem Qualifikationsprofil aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT) in Zukunft weiter ansteigen wird. Gründe hierfür werden im Strukturwandel sowie im demografischen Wandel gesehen. Der ökonomisch bedingte volkswirtschaftliche Strukturwandel zieht eine Änderung der Qualifikationsstrukturen innerhalb der Bevölkerung nach sich, der demografische Wandel lässt einen Mangel insbesondere an Fach- und Hochqualifizierten erwarten. Eine Analyse aktueller Entwicklungen am Arbeitsmarkt verleitet zur Annahme, dass ein solcher Mangel bereits für die nächsten zwei Jahrzehnte zu erwarten ist. Dies liegt bei den akademischen Berufen u.a. daran, dass die Akademikererwerbstätigkeit heute hauptsächlich von den mittleren Altersgruppen getragen wird. Diese geburtenstarken Jahrgänge scheiden aber sukzessive aus dem Erwerbsleben aus. Sie könnten nur dann halbwegs ausreichend ersetzt werden, wenn die nachrückenden geburtenschwachen Jahrgänge deutlich besser qualifiziert sein würden als frühere Kohorten. Selbst wenn die sich derzeit abzeichnende Bildungsexpansion zu einer Abmilderung des Fachkräftemangels im akademischen Bereich führen würde, ist dann aber mit einem Mangel an Fachkräften auf der mittleren Qualifikationsebene zu rechnen. Von einem generellen Fachkräftemangel kann indes nicht gesprochen werden (vgl. Helmrich u.a. 2012). Vielmehr wird dieser wohl sektoral und regional begrenzt bleiben. Besonders bestimmte Betriebe mit geringer Größe werden den Fachkräftemangel spüren. Darunter fallen vor allem Klein- und Kleinstbetriebe, Betriebe, die unternehmensnahe Dienstleistungen anbieten oder Betriebe in forschungs- und entwicklungsintensiven Branchen des verarbeitenden Gewerbes, die jetzt schon dauerhaft damit zu kämpfen haben, ihre Stellen zu besetzen.
Die strukturellen und demografischen Entwicklungen fordern schulische Berufsorientierung und technische Bildung jedoch nicht allein aus ökonomischen Motiven. Es gilt des Weiteren berufsbiographische Chancen für verschiedene Personengruppen zu eröffnen, die solche bis heute nur unzureichend wahrnehmen können. Dazu zählen zum einen die Mädchen und zum anderen die Jugendlichen mit Migrationshintergrund. Beide Gruppen sind in den gewerblich-technischen Ausbildungsgängen wie in den technischen Studiengängen bisher unterrepräsentiert. Dass die Nachqualifikation von älteren Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern ein weiteres Aufgabenfeld technischer Bildung darstellt, sei hier ebenfalls bemerkt (Buhr 2008, S. 17).
Ein übergeordnetes Ziel technischer Bildung unter der Arbeitsmarktperspektive ist die Weckung von Motivation und Interesse, sich mit naturwissenschaftlich-technischen Phänomenen

und Problemen auseinanderzusetzen. Inhaltlich und methodisch macht dies eine stärkere Berücksichtigung von Selbstbewusstsein, Selbstkonzept und (vor-)beruflicher Identität erforderlich. Es gibt einige Hinweise, dass sich derartige Dispositionen durch die Erfahrung technischer Gestaltungsmöglichkeiten sowie durch das Wissen über berufliche Optionen im MINT-Bereich positiv beeinflussen lassen. Zu beachten ist freilich, dass die Angebote naturwissenschaftlich-technischer Bildung zielgruppenspezifisch ausgestaltet werden.

Probleme und Chancen: Technik und Frauen

Der *homo faber* als anthropologisches Konzept ist nur theoretisch geschlechtsneutral (Karafyllis 2009, S. 342). Wenngleich in prähistorischen Frauengräbern auch Waffen und Werkzeuge gefunden wurden, scheint die Technik seit Jahrtausenden eine Domäne der Männer zu sein. Weder für die eindrucksvollen baulichen Zeugnisse altorientalischer Hochkulturen (Sumerer, Assyrer, Chaldäer oder Perser), noch für die der Antike können aufgrund der Ausgrabungen oder anderer archäologischen Fundstücke Frauen als Urheber in Betracht gezogen werden. Auch die feinmechanischen Uhren der Neuzeit oder andere Apparate sind uns ausschließlich als männliche Schöpfungen bekannt (vgl. Bagg & Cancik-Kirschbaum 2006, S. 9). Selbst die griechisch-römische Mythologie legt den schöpferischen Akt gerne in die Hände männlicher Götter. Deswegen aber nun Technik allein als männliche Domäne zu identifizieren, übersieht geflissentlich die Anteile der Frauen am Entstehungsprozess von Kleidung, Schmuck, Hausrat oder ihre Bedeutung in der Landwirtschaft. Wenngleich also weder der gedanklich-schöpferische noch der handwerkliche Anteil der Frauen an der Technik im Vergleich zu männlichen Urhebern ausreichend belegt ist, darf doch angenommen werden, dass die praktischen Erkenntnisse und Erfahrungen der Frauen etwa in der Textiltechnik, der Keramik, im Garten- oder Möbelbau einen zur Weiterentwicklung der Technik bedeutenden Anteil beigetragen haben.

Dabei ist die niedrigere Partizipation an technischen Innovationen und Errungenschaften von Frauen wohl in erster Linie ein kulturelles Phänomen. Anders als es etwa Rollenzuweisungen in afrikanischen Kulturen zeigen, führte in unserem Kulturkreis die physiologische Dominanz der Männer zu einer Segregation der Aufgaben. Sie beschränkte die Frauen auf bestimmte Tätigkeiten – vor allem auf Kinderpflege und Haushalt. Der damit einhergehende Ausschluss von herrschaftlicher beziehungsweise auch politischer Verantwortung verhinderte andererseits aber auch die Erwähnung in den Zeugnissen der sozialen Gemeinschaften. Dagegen werden Herrscher oder Baumeister in Urkunden, Annalen oder Inschriften als Urheber von Stadtplanung, Städte-, Hafen- oder Wasserbau, Militär und Kriegstechnik ausdrücklich erwähnt.

Die bis heute vorherrschende geschlechtsspezifische Arbeitsteilung, die im Wesentlichen ein Produkt der Industrialisierung und der sich ausformenden Bürgergesellschaft ist, hat die Zugänge zur Technik weiter eingeengt. Die technische Entwicklung begünstigte eine generelle Trennung von Arbeit und Privatem, gleichzeitig versuchte man die Geschlechterdifferenzierung mit naturphilosophischen und medizinischen Argumenten zu begründen. Dies führte dazu, dass Frauen im bürgerlichen Lager auf häusliche Tätigkeiten festlegt wurden, verhinderte andererseits aber nicht, dass die Mädchen und Frauen der nichtbesitzenden, einkommensschwachen Schichten auf körperliche Arbeit in den Manufakturen und Fabriken angewiesen blieben. Nach wie vor scheinen die kulturellen Segregationsmechanismen einer männerdominanten Technikkultur zu wirken (vgl. Wender 2005). Gleichwohl könnte ein alleiniger Defizitansatz zur Klärung der Bildungs- und Berufsbiographien von Frauen zu kurz greifen. Die Techniksozialisation junger Frauen muss nach Ansicht von Hans-Jürgen von Wensierski (2015, S. 465) vielmehr als komplexer Prozess gedeutet werden, in dem sich Werte, Einstellungen und Erfahrungen mit Technik im Alltag und in der Biographie zu einer habitualisierten kulturellen Praxis verbinden. Diese führe selbst bei Frauen mit hoher Affinität zu MINT-Fächern anders als bei vergleichbaren Männern zu stark diversifizierenden Fächerinteressen, so dass Bildungs- und Berufswahlentscheidungen letztlich in eine andere Richtung gehen.

Eine Folge dieser Mechanismen ist, dass eine substanzielle Beteiligung von Frauen an gesellschaftlichen Technikbewertungs- und Gestaltungsprozessen unterbunden wird. Damit bleiben die Ressourcen, die Frauen bei der Gestaltung der Technik einzubringen in der Lage sind, ungenutzt und es besteht zudem die Gefahr, dass in einer auf Ausgleich der Positionen angewiesenen Demokratie ihre Interessen nur unzureichend berücksichtigt werden. Überdies verhindert der Teil der männlich „inszenierten" Arbeitswelt Karrierechancen. Dass dies nicht nur im Hinblick auf Chancengleichheit, sondern auch ökonomisch ein unhaltbarer Zustand ist, gilt seit langem als ausgemacht und wird derzeit vorrangig im Kontext des Fachkräftemangels diskutiert.
Beide Problemkreise sind Anlass, das Aufgabengebiet technischer Bildung in allgemeinbildenden wie beruflichen Bildungsreinrichtungen zu erweitern: Zusätzlich zur Umsetzung klassischer technischer Bildungsziele muss auch in der Schule eine Auseinandersetzung mit den Ursachen der ungleich verteilten Partizipationsmöglichkeiten in technischen Arbeits- und Berufsfeldern erfolgen.
Die Disparitäten werden heute als Folge einer ganzen Reihe von Faktoren gesehen. Eine nachhaltige Wirkung entfalten geschlechtertypische Sozialisationsprozesse sowie fehlende Rollenmodelle in Familie, Schule, Organisationen und Unternehmen. Die Entwicklung der Identität mit ihren Subkategorien wie Selbstkonzept, Selbstwertgefühl oder Kontrollüberzeugungen wird in erheblichem Maße davon beeinflusst, ob ein Individuum als „weiblich" oder als „männlich" klassifiziert wurde (vgl. Schaufler 2009, S. 320). Bei Frauen verfestigen sich auf diese Art geschlechtertypische Normalitätsvorstellungen, die ihrerseits die Erfahrungen mit Technik und in der Folge das Technikwissen sowie letztendlich auch das Interesse an Technik beeinflussen. Die konstitutiven Bedingungen des Arbeitsmarktes, die dazu führen, dass Frauen in technischen Berufen häufiger arbeitslos sind und bei gleicher Tätigkeit schlechter bezahlt werden als ihre männlichen Kollegen, tun ihr Übriges.
Dies alles zeigt, dass Technik als männliche Domäne nur dann aufgebrochen werden kann, wenn in verschiedenen individuellen Erlebnisbereichen und auf unterschiedlichen gesellschaftlichen Ebenen die Voraussetzungen dafür geschaffen werden, dass Frauen in einer Welt der Technik Selbstgestaltungskompetenzen ausbilden können und ihre Lebensvorstellungen verwirklicht sehen. Das bedeutet, dass sie auf der Grundlage ausreichender Erfahrungen und Rollenbilder, in Abwägung der eigenen Möglichkeiten mit den für sie günstigen Arbeitsmarktchancen und Karriereoptionen ohne Einschränkung in einen technischen Beruf einmünden können, dort entsprechend ihrer Leistung bezahlt werden und – für den Fall familiär bedingter Pausen – Anschluss- bzw. Wiedereinstiegsoptionen wahrnehmen können.
Den vorschulischen und schulischen Bereich verpflichtet diese genderspezifische Bestandsaufnahme auf verschiedene Angebote, die eine Erweiterung des Selbstkonzepts und der beruflichen Identität in Richtung Technik zulassen.

4.1.4.2 Technik und Ökonomie bzw. Konsum

Probleme und Chancen: Technik - Ökonomie und Konsum
Die Aussicht, Macht, Ansehen und Prosperität zu mehren, war zu allen Zeiten ein Beweggrund für technische Entwicklungen. Dafür jedoch, dass die Technik sämtliche Bereiche von Produktion und Konsumption so konsequent durchsetzen konnte, mussten zunächst verschiedene Weichen gestellt und Hürden abgebaut werden. Das gilt zum Beispiel für die in der Neuzeit aufstrebenden Naturwissenschaften. Sie mussten erst ihrer religiösen Fesseln entledigt werden, um dann ein Bündnis einzugehen, das bis heute ungebrochen ist: Die Naturwissenschaften wurden in den Dienst der Technik und die Technik in den Dienst der Ökonomie gestellt. „*Wie unzertrennlich diese drei zusammengehören, erweist sich darin, daß ihre Entwicklung, je weiter sie*

fortschreitet, umso mehr das Wechselspiel der Anreize vervielfältigt und emporsteigert, durch die sie sich gegenseitig vorwärtstreiben“ (Litt 1961, S. 34).
Die eigentlichen Ursachen für Produktivitätsfortschritte und fortwährende technische Innovationen sind jedoch in den ökonomischen Freiheiten und den sie beflügelnden schöpferischen Kräften zu sehen. Technische Entwicklungen und technischer Fortschritt wirken demnach nicht als Naturgesetze, sondern als Konsequenz der jeweiligen Wirtschaftsordnung (Seel 1988, S. 239). Um Versorgung und Fortschritt zu gewährleisten versicherten sich zum Beispiel auch die sozialistischen Planwirtschaften der Technik. Aber erst der Kapitalismus mit seinen ungezügelten ökonomischen Verwertungsinteressen technischer Innovationen sorgte dafür, dass die Technik ihren Einfluss über den Produktivbereich hinaus in so erheblichem Maße ausdehnen konnte. Wie Jürgen Habermas (1969, S. 67f.) konstatiert, ist es die auf Wachstum und Produktivität ausgerichtete Art zu wirtschaften, die die fortwährende Einführung neuer Technologien und Strategien letztlich institutionalisierte. Technik im Rahmen der dominierenden wirtschaftlichen Rationalität zu analysieren, ist daher ein verpflichtender Programmpunkt für technische Allgemeinbildung. In Anlehnung an Hans-Jürgen Seel (1988, S. 240) kann dabei folgenden Fragen nachgespürt werden: Warum ist das Wirtschaftssystem so und nicht anders organisiert, warum werden wirtschaftliche Entscheidungen getroffen, die ganz eindeutig eine bestimmte Form des technischen Fortschritts fördern und vorantreiben und warum werden andere Werte hintenangestellt?
Eine von ökonomischen Prämissen und Organisationsmustern ausgehende Bilanzierung des technischen Fortschritts kann sich dabei weder den ökologischen, arbeitsweltlichen noch konsumatorischen Rahmenbedingungen und Konsequenzen verschließen. Beim letzten Punkt schließt die technische Bildung zur Verbraucherbildung auf. Während die Technik nämlich lange Zeit vor allem im Dienst des Unternehmers stand, umgarnt sie heute den Konsumenten und sein Privatleben in immer raffinierterer Weise. Die ökonomischen Verwertungsinteressen der Technik sind auf die ganze Bandbreite menschlicher Bedürfnisse, Wünsche und Interessen ausgerichtet. Ob Sicherheit, soziale Anerkennung oder Selbstverwirklichung – die Technik verspricht alles zu befriedigen. Sie begegnet dem Einzelnen als Investitions-, Konsumgut oder technische Dienstleistung mit deren Hilfe sich Mobilitäts-, Unterhaltungs-, Informations-, Zerstreuungs- und vor allem Kommunikationsmöglichkeiten verbessern oder erweitern lassen. Und während technische Konsumgüter früher oft auffällig unhandlich oder merkwürdig bedienungsfeindlich daherkamen, haben Produktdesigner und Programmstrategen längst erkannt, dass es neben dem vorgestellten Nutzen eines Artefaktes besonders die unaufdringlich effektiven und gefälligen Schnittstellen zwischen Mensch und Technik sind, die den Einzelnen die ökonomischen Absichten dahinter vergessen lassen. Funktionierende Technik schafft Vertrauen und das überträgt sich mit der Zeit auf die dahinterstehenden Institutionen (Kornwachs 2015, S. 132).
Neben der Funktion, menschliche Bedürfnisse zu befriedigen, hält die Technik nun aber auch bis vor kurzem noch ungeahnte Möglichkeiten bereit, solche Bedürfnisse überhaupt erst zu wecken und zu konkretisieren (vgl. Huning 1988, S. 53). Personalisierte Verkaufssysteme, Werbe-SMS, Kundenkarten, E-Commerce oder zahlreiche Innovationen im Bereich der Warendistribution verdeutlichen, wie weit die Technik bereits zum Werkzeug des „Konsumismus“ geworden ist. Wie Zygmunt Baumann (2009) in seinem Buch „Leben als Konsum“ feststellt, suchen die Anbieter von Konsumprodukten nach dem letzten noch unbearbeiteten Zeitfenster, um den Konsumenten mit Informationen und Werbebotschaften zu füttern, um damit den Drang nach Erwerb, Sammlung, Austausch und Entsorgung von Gütern zu befördern. Die Prägung auf den Konsumismus gelingt dann perfekt, wenn mit der Auswahl eines bestimmten Gutes auch eine Festlegung auf ein ganz bestimmtes Funktionsrepertoire verbunden ist. Dies kann zu einer längerfristigen Abhängigkeit von Versorgungs-, Wartungs-, oder Servicesystemen führen, die an das Produkt gebunden sind (vgl. Ropohl 2004, S. 51).

Phillipp Staab (2017) sieht in solchen Individualisierungstechniken und anderen digitalen Optimierungsbestrebungen der Distributions- und Konsumapparate eine Strategie des „digitalen Kapitalismus“. Angesichts einer Wachstumskrise der etablierten entwickelten Volkswirtschaften gehe es den Unternehmen darum, alle vermeintlichen Wachstumspotenziale auszuschöpfen. Diese „Rationalisierung des Konsums“ habe jedoch eine disruptive Tendenz, weil sie herkömmliche Strukturen, Geschäftsmodelle und Schnittstellen in Arbeitswelt und Ökonomie ersetzt. Durch Verdrängungseffekte werde möglicherweise – so seine Befürchtung – die Kaufkraft breiter Teile der Bevölkerung geschmälert, wobei noch unklar ist, ob die höherqualifizierten und besser entlohnten Tätigkeitstypen die sozialen Kosten des digitalen Kapitalismus aufwiegen könnten (ebd. S. 118f.).

Die ökonomischen Verwertungsinteressen konzentrieren sich heute nicht mehr allein auf den Absatz technischer Güter. Interessant sind vielmehr die kreativen Kombinationsmöglichkeiten zwischen Sachgütern, Daten, Infrastrukturen und den damit gekoppelten Zugangs- und Nutzungsrechten. Wie kreativ sich dieser Bereich bearbeiten lässt, zeigt auch hier wieder das Internet mit seinem, noch unentschiedenem Status zwischen Inklusion und Exklusion. Denn während sich der freie Datenaustausch einerseits als soziale Errungenschaft feiern lässt, weil der Einzelne damit in die Lage versetzt wird, Informationen unentgeltlich zu nutzen oder seine Ressourcen in einer zunehmend „flacher werdenden Welt“ global zu Verfügung zu stellen (Friedman 2005), gerät andererseits schnell aus dem Blick, dass man dafür mit seinen Daten und seiner Privatheit zahlt. Dem der dazu nicht willens oder in der Lage ist, bleiben Zugänge und möglicherweise Chancen verwehrt. Er gerät in der digitalen Welt genauso ins Hintertreffen, wie die berechtigten Interessen vieler Inhaltseigner.

Dass die Nutzung der informations- und kommunikationstechnischen Infrastrukturen zu einer Verwischung der Grenzen zwischen Privatem und Öffentlichem in einem nie bekannten Ausmaß führt, ist nicht eine zufällige Begleiterscheinung, sondern in vielen Fällen die eigentliche Geschäftsidee. Was Google, Facebook oder andere Dienste vorexerzieren, ist die öffentliche Teilhabe am Privaten zum wirtschaftlichen Nutzen weniger.

So schnell sich ökonomische Effekte durch Technik realisieren lassen, so träge erscheinen die Kräfte, die dem Siegeszug des technisch Machbaren eigentlich im Vorfeld Grenzen hätten setzen sollen. Politik, Rechtsprechung und öffentliche Meinung agieren oft ausschließlich reaktiv. Die ökonomischen Auswirkungen der Technik, wie sie etwa durch die Plattformökonomie oder Anwendungen der Künstlichen Intelligenz sichtbar werden, sind daher nicht nur Verpflichtung für die technische und ökonomische, sondern auch für die politische Bildung. Es gilt zum einen, die sich stetig verändernden (technischen) Möglichkeiten der Angebotsseite im Hinblick auf die Qualifikationserfordernisse der Verbraucher zu analysieren, zum anderen die Basis für proaktives politisches Handeln zu legen. Auf diesem Feld begegnen sich zudem Konsumerziehung, technische Bildung und Medienerziehung.

Einer in ihren Entscheidungen nicht unerheblich von der öffentlichen Meinung abhängigen Demokratie ist es aufgetragen, ihren Mitgliedern eine kritisch-prüfende Distanz zu allen medialen Erscheinungsformen anzutragen. Dies sollte dann besonders gut gelingen, wenn die Werkzeuge dazu frühzeitig angelegt werden. Zu diesen Werkzeugen zählt u.a. das Wissen um die technischen Möglichkeiten der Manipulation medial vermittelter Informationen. Dieses wird man wohl dann am besten aufbauen können, wenn Kinder und Jugendliche selbst kreativ tätig werden. Nach Meinung von Paulo Blikstein (2008, S. 2010) liegt der Bildungswert des Rechners ohnehin nicht so sehr in der eher passiven Anwendung als Informationsmaschine, sondern in den vielfältigen Möglichkeiten als Konstruktionsumgebung oder Instrument des Selbstausdrucks.

Eine notwendige didaktische Konsequenz des innigen Verhältnisses zwischen Technik und Ökonomie ist es demnach, den allseits herrschenden Fortschrittsimperativ in Bezug auf technologische Erzeugnisse und Entwicklungen auf seine Tragfähigkeit hin zu überprüfen. Hierzu müssen u.a. die ökonomischen Verwertungsinteressen technischer Konsumartikel realisiert und

ihre Versprechen in puncto Funktionsvorrat, Qualität, Gebrauchstauglichkeit und ökologischer Nachhaltigkeit beurteilt werden.[42] Zweckmäßig ist es überdies, Kenntnisse der „Technologie der Verkaufsförderung" zu erwerben, mit der der Konsument heute besonders im Internet ständig konfrontiert wird.
Dass neue Technologien die Marktgegebenheiten verändern können, steht außer Frage. Jedoch sind mit der Informations- und Kommunikationstechnik nicht nur die Möglichkeiten der Unternehmen, sondern auch die des Verbrauchers gewachsen. Das Internet unterstützt ihn in seinem Informationsbedürfnis und bietet gleichzeitig Optionen, das Produktionsmonopol der Wirtschaft zu umgehen. Neue Technologien bieten neue Produktionsmittel und eröffnen – etwa mit 3D-Druckern – die Aussicht, über dezentrale, spezialisierte und individuelle Fertigung ein Stück weit Unabhängigkeit von der industriellen Massenware (vgl. Friebe & Ramge 2009, S. 119ff.). Allzu große Euphorie, wie sie teilweise innerhalb der Maker und FabLab-Szene zu beobachten ist, ist womöglich nicht angebracht. Denn nüchtern betrachtet muss konstatiert werden, dass die Idee „Machen statt Kaufen" ohne individuelle handwerklich-technische Kompetenzen kaum Aussicht auf Erfolg haben wird.

Probleme und Chancen: Kreativität und Innovation
Jeder Mensch benötigt mehr oder weniger Kreativität, um den vielfältigen Anforderungen in Freizeit oder Beruf zu entsprechen. Ökonomisch und gesellschaftlich werden Kreativität, Erfindungsreichtum und Innovationsfähigkeit heute als die Fortschritts- bzw. Entwicklungsessenzen des 21. Jahrhunderts betrachtet. Trotz der Ähnlichkeiten im Sprachgebrauch haben die Begriffe jeweils eine eigene Bedeutung.
Kreativität lässt sich als geistige Fähigkeit definieren, neue Ideen hervorzubringen. Als Erfindung wiederum bezeichnet man eine neuartige sachtechnische Funktion und Struktur, die eine nützliche Verwendungsmöglichkeit verspricht. Der Erfindungsreichtum im naturwissenschaftlich-technischen Bereich wird mit der Wettbewerbsfähigkeit und dem Wohlstand ganzer Gesellschaften in einem engen Zusammenhang gesehen. Innovationsfähigkeit schließlich bezieht sich eher auf die ökonomische Umsetzung bzw. Markteinführung von neuen Ideen (Ropohl 2006, S. 106). Wie Joseph Schumpeter bereits 1912 in seinem Werk „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung"[43] herausarbeitete, müssen Erfindungen von innovativen Unternehmern aufgegriffen werden, sonst bleibt ihre Wirkung ökonomisch belanglos. Die Unternehmerpersönlichkeit zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich aus vorgezeichneten Denkmustern löst und bestehende Daten neu arrangiert: „*Er gibt ihnen neue Formen und stellt sie in neue Zusammenhänge, sowie das der große, schaffende Künstler mit den überkommenen Elementen seiner Kunst tut"* (ebd., S. 133).
Nachdem die Entwicklung von Kreativität lange Zeit vor allem allein den musischen Fächern zugeschrieben wurde, erfährt die Förderung von techno-ökonomischer Kreativität, Innovationsfähigkeit und Unternehmertum in Schulen und Hochschulen mittlerweile mehr Aufmerksamkeit. Die nachvollziehbare Unterscheidung zwischen technischer Erfindung und ökonomisch relevanter Innovation scheint zuweilen jedoch die etwas einseitige didaktische Schlussfolgerung nach sich zu ziehen, dass vor allem die unternehmerische Innovationsfähigkeit gefördert werden müsse. Im Mittelpunkt verschiedener Ansätze, die sich der Frage zuwenden,

[42] Zur Prüfung der Gebrauchstauglichkeit für Konsumprodukte schlägt eine Autorengruppe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010) die Analyse von Anzeigen, Bedien- und Stellteilen, Griffen und Greifflächen, erforderlichen Bewegungsabläufen und Körperhaltungen sowie eine Analyse der Dialoggestaltung.

[43] Innovation kann nach Schumpeter auf folgende fünf Arten erfolgen.
1. Herstellung eines neuen Gutes oder eines dem Konsumenten noch nicht vertrauten Gutes.
2. Einführung einer neuen, dem betreffenden Industriezweig noch nicht bekannten Produktionsmethode oder Verfahrensweise.
3. Erschließung eines neuen Absatzmarktes, d.h. auf dem der betreffende Industriezweig des betreffenden Landes bisher noch nicht eingeführt war, unabhängig davon, ob der Markt schon existiert hat oder nicht.
4. Erschließung einer neuen Bezugsquelle (Rohstoffe, Halbfabrikate), welche bisher nicht genutzt, erschlossen bzw. vorhanden gewesen sind.
5. Durchführung einer Neuorganisation. Schumpeter führt hier als Beispiel die Schaffung und Durchbrechung eines Monopols an.

welche Eigenschaften Unternehmer besitzen und wie sie angelegt werden können, dominieren Persönlichkeitsmerkmale wie Risikobereitschaft, Fähigkeit zu Visionen, soziale und emotionale Intelligenz, Durchsetzungs- oder Lernfähigkeit. Diese Merkmale sind es dann auch, die im Zuge verschiedener Entrepreneurship Education-Konzepte an Schulen und Hochschulen beispielsweise durch handlungsorientierte Methoden gefördert werden sollen (s. dazu Creuznacher 2009, S. 90ff.). Offensichtlich ist die Grundlage für Innovation jedoch die (technische) Erfindung und diese wiederum stellt eine Verknüpfung von Potenzialkenntnis und Funktionsidee dar (vgl. Ropohl 2006, S. 106ff.). Der Gedanke, dass die Antizipationsfähigkeit, mit der Unternehmerinnen und Unternehmer am Markt erfolgreich technische Produkte platzieren, auf einem Grundgerüst an naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen gründet, taucht in den einschlägigen Publikationen eher beiläufig auf. Wenig Berücksichtigung findet dort auch die Idee aus der Bauhauslehre, dass handwerklich-technischen Tun Zufälle schafft, aus denen sich Kreativität und Innovation entwickeln können.

Eine vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie initiierte Studie zur Bestandsaufnahme entsprechender Bildungsmaßnahmen an Schulen (Josten & van Elkan 2010) negiert die Bedeutung technischer Bildung völlig. Deutlich wird dies beispielsweise an der Dokumentation einer Umfrage, in der Schülerinnen und Schüler aufgefordert wurden, die Eigenschaften von Unternehmerinnen und Unternehmern einzuschätzen. Zur Auswahl standen vorrangig soziale Verhaltenskomponenten. Eine Einschätzung oder Bewertung des für Unternehmerinnen und Unternehmer sinnvollen oder notwendigen Fachwissens fehlt dagegen. Andererseits geben in derselben Studie Lehrer fehlendes Fachwissen aber als eine bedeutende Barriere für eine Teilnahme an Entrepreneurship-Projekten an. Was genau allerdings darunter zu verstehen ist bleibt unklar. Dort, wo in der Studie Fachwissen angesprochen wird, wird hauptsächlich auf Wirtschaftsinhalte rekurriert. Dass eine der Voraussetzungen für unternehmerische Tätigkeiten eine eigenständige Erfindung sein könnte, deren Genese durch geeignetes technisches Wissen sowie entsprechende Kreativitätsmethoden befördert wird, wird nicht thematisiert. Ebenfalls nicht berücksichtigt wird, dass für eine Einschätzung der Marktchancen einer Erfindung technisches Verständnis ebenfalls durchaus zweckdienlich sein kann. Als natürlicher Experte für den Bereich Entrepreneurship wird allein der Wirtschaftslehrer betrachtet.

Warum technische Bildung im Kontext des unternehmerischen Lernens so wenig Aufmerksamkeit findet, ist umso erstaunlicher, da ja in verschiedensten technikdidaktischen Ansätzen die enge Verbindung zwischen menschlichen Bedürfnissen und technischen Innovationen thematisiert wird. Die Fähigkeit, einen Konnex herzustellen, zwischen individuellen, kulturellen, gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen oder Problemen einerseits und technischen Möglichkeiten andererseits und davon ausgehend marktgerechte technische Produkte zu antizipieren, ist wohl eine der entscheidenden Bedingungen für unternehmerischen Erfolg. Die dafür erforderliche techno-ökonomische Kreativität zeichnet sich unter anderem dadurch aus, vorhandene Technik nach innen zu verbessern oder nach außen in andere Anwendungsbereiche hinein zu denken. Cornelia Facaoaru (1985, S. 12) definiert technische Kreativität folgendermaßen: „*Die technische Kreativität ist eine schöpferisch geprägte Aktivität, die zur Entwicklung neuartiger oder – im Vergleich zu den bisher existierenden – verbesserter, anwendbarer und einsatzfähiger Produkte oder technischer Lösungen führt. Sie erfordert die ingeniöse Anwendung existierender funktionaler Prinzipien und Elemente in neuen Kontexten, sowie die Kombination bereits vorhandener bekannter Materialien und Komponenten in neuen einheitlichen Strukturen und Berücksichtigung einer hohen Anzahl technischer und ökonomischer Sachzwänge*."

Die Grundlage für Kreativität bilden demnach Fachwissen, kreativitätsfördernde Fähigkeiten – wie der zielgerichtete Einsatz von Heuristiken – und auch Motivation. Je mehr Fachwissen vorhanden ist, desto mehr neue Verknüpfungen beispielsweise von Wirkprinzipien, technologischen Lösungen oder Materialien können letztendlich gedacht werden und desto mehr Bewertungskriterien stehen zur Auswahl einer einmal gedachten Lösung zur Verfügung.

Technische Bildung sollte auf die Relevanz von Kreativität für die Genese technischer Innovationen aufmerksam machen und die Anbahnung der Grundlagen technischer Kreativität zum Ziel haben. Neben der Vermittlung naturwissenschaftlich-technologischen Fachwissens gehört dazu auch das Training von Problemlösungsmethoden. Das Schaffen von etwas Neuem ist ein ursprüngliches Erlebnis, dessen positive Auswirkungen auf Selbstbewusstsein und Identität eine Berücksichtigung in Bildung und Erziehung mehr als gerechtfertigt erscheinen lassen.

4.1.4.3 Technik und Arbeit

Problem und Chance: Technik und Arbeit

Wenngleich – wie Baethge und Baethge-Kinsky (2006, S. 153ff.) betonen – zwischen Technik, Ökonomie, Organisation und Qualifikation keine linearen Beziehungen herrschen, die einfache kausale Abhängigkeiten zwischen den Kategorien gestatten würden, so sind Veränderungen in der Tätigkeitsstruktur von Arbeitnehmern, wie sie arbeits- oder industriesoziologische Forschungen aufdecken, wichtige Anhaltspunkte für den Einfluss der Technik auf Berufsbilder oder Anforderungsprofile.

Die Arbeits- und Wirtschaftswelt hat sich in den letzten Jahrzehnten entscheidend und nachhaltig verändert. Die Produktion von Gütern und Dienstleistungen erfolgt heute vor dem Hintergrund sich im globalen Wettbewerb befindlicher Akteure und der Mobilität der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital (Globalisierung) sowie sich schnell verändernder Märkte und Kundenanforderungen. Alle diese Entwicklungen erzwingen gerade in Hochlohnländern einen beständigen Zwang zu Rationalisierung, Automatisierung und Qualitätssicherung (Köck & Stein 2010). Insbesondere die Digitalisierung spielt dabei eine herausragende Rolle. Sie nimmt Einfluss auf alle Dimensionen der Arbeit: Es kommt zu Verschiebungen bei den grundsätzlichen Arbeitsarten, den Arbeitsaufgaben und den dabei erforderlichen Anforderungen. Folgen haben Informations- und Kommunikationstechnologien ferner sowohl für Arbeitsbedingungen wie Arbeitsort, Arbeitszeit, Arbeitsstrukturierung oder soziale Beziehungen als auch für die nachgefragten Qualifikationen am Arbeitsmarkt (vgl. Köck 2018). Dies führt sowohl zu einer Verdrängung von Tätigkeitsstrukturen als auch zur Polarisierung der Qualifikationen.

Art und Umfang des Technikeinsatzes in der Arbeitswelt resultieren stets aus dem Charakter der Produkte oder Dienstleistungen, die in dem jeweiligen Arbeitssystem realisiert werden. Deutlich lässt sich der Einfluss einzelner Technologien vor allem im Produktionsbereich nachzeichnen. Die Evolution hier lässt zudem auf ein der Technik innewohnendes Programm schließen – nämlich den Umfang einer Art von Arbeit zu reduzieren, andere Arten dagegen auszuweiten. Während die Handarbeit über Jahrtausende die Produktion dominierte, ist sie spätestens seit der industriellen Revolution auf dem Rückzug. Zwar hat sie auch heute ihre Berechtigung, etwa bei der Fertigung von Einzelstücken oder der Reparatur von technischen Geräten, die industriellen Technologien führten und führen jedoch zu einer Verschiebung beruflicher Aufgabenzuschnitte im großen Maßstab. War die industrielle Produktion anfangs lange Zeit durch Maschineneinsatz und eine starke Zergliederung der Teilschritte, bei gleichzeitig hoher körperlicher Belastung gekennzeichnet, wurde der Anteil schwerer körperlicher Arbeit in den letzten Jahrzehnten massiv reduziert. Dem Rückgang bei den mechanischen und motorischen Verrichtungen steht eine Ausdehnung der kombinativen, kreativen oder informatorischen Tätigkeiten wie Programmier-, Steuerungs- oder Überwachungstätigkeiten gegenüber. Dass die Abnahme der Handarbeit bei gleichzeitiger Zunahme der so genannten wissensbasierten Tätigkeiten nicht alle Arbeitsbereiche gleichermaßen verändert, zeigen verschiedene Untersuchungen: Demnach wird der technologische Fortschritt zukünftig wohl eher zum Bedeutungsverlust von Tätigkeiten auf mittlerem Niveau führen (vgl. Dostal 2007, S. 60).

Eine der Ursachen für diese Entwicklung ist im Produktionsbereich die stete Suche nach der Erhöhung der Produktivität, also der Verbesserung des Verhältnisses zwischen Arbeitseinsatz und Ergebnis. Die Produktionstechnik arbeitet nur dann effizient, wenn sie in Betrieb ist. Arbeitnehmerinnen und Arbeitsnehmer bleiben von der Profitorientierung indes nicht unberührt, sondern spüren diese durch eine Verdichtung der Arbeit. Bereits Karl Marx hat auf das Missverhältnis zwischen der zur Reproduktion der „Ware" Arbeitskraft notwendigen Arbeitszeit und der vertraglichen Arbeitszeit hingewiesen und sie mit Mehrwert bezeichnet (s. *value, price and profit* von 1865, in Marx 2003, S. 180). Die technologische Entwicklung ist daher laut Marx als Versuch zu werten, die Profitrate hoch zu halten. Neben diesem ökonomischen Aspekt der Technik haben nicht nur sozialistische Denker immer auch darauf hingewiesen, dass über die (technischen) Produktionsbedingungen oder generell über die Technik Machtstrukturen tradiert oder Umwelt- und Sozialbedingungen konserviert werden (vgl. Marcuse 1965; Iwanow & Tscheschew 1982, S. 32f.).

Ohne den ebenfalls von Marx vorgebrachten Gedanken von der Entfremdung des Menschen von seiner Arbeit überstrapazieren zu wollen, kann man der Argumentation durchaus etwas abgewinnen. Das Bestreben, die Produktivität durch Maschineneinsatz, Automatisierung und Arbeitsteilung zu erhöhen, hat den Menschen von der Erfahrung produktiver Handarbeit entfernt. Für den Soziologen Richard Sennett (2008, S. 33) hält die produktive Handarbeit jedoch zwei Belohnungen bereit: Die Verankerung in der greifbaren Realität und den Stolz auf die eigene Arbeit. Was aber hat die breite Masse an arbeitenden Menschen anstatt dessen eingetauscht? Für den britischen Ökonomen Ernst Friedrich Schumacher (1979, S. 137f.) viele arbeitsteilige Aufgaben, die keine Freude bereiten, gar nicht oder nur wenig produktiv sind und ohne Technologie sogar überflüssig wären. Insgesamt sieht er einen Verlust, der ihn zur Forderung veranlasst, dem menschlichen Maß in der Technik wieder mehr Gewicht zu verleihen.

Man muss die Auffassung vom negativen Einfluss der Technik auf das persönliche Erleben der Arbeitenden nicht unbedingt teilen, zumal dem Verlust kreativer Handarbeit ja in manchen Bereichen durchaus ein Zugewinn an kreativer Kopfarbeit gegenübersteht. Gerade die aus den Marktanforderungen resultierende notwendige Flexibilität bei der Produktion hat zudem zu einer Aufwertung technischer, organisationeller und sozialer Problemlösefähigkeiten geführt.

Indes ist es nicht allein der Produktionsbereich, in dem der technologische Fortschritt die Arbeit revolutioniert hat. Auch in allen anderen Arbeits- und Berufsbereichen muss den vorherrschenden Marktanforderungen heute mit einer kunden-, prozess- und qualitätsorientierten Arbeitsorganisation entsprochen werden. Bei alledem spielt die Erfassung, Leitung, Speicherung und Verarbeitung von Informationen eine entscheidende Rolle. Die Informations- und Kommunikationstechnik hat daher auch im Dienstleistungsbereich zu einer Veränderung des Tätigkeitsspektrums geführt. Baethge & Baethge-Kinsky (2006, S. 158) charakterisieren die vor allem durch die Computertechnologie angestoßenen Veränderungen als „Systematische Rationalisierung", die eine höhere Transparenz von Märkten und internen Abläufen nach sich ziehe und unter anderem das Arbeitstempo erhöhe. Mit jeder neuen Digitalisierungswelle wird zudem eine Verdrängung des Menschen auch in solchen Bereichen realistischer, in denen er noch vor kurzem unangefochten war: Ob in der Buchhaltung, in Anwaltskanzleien oder im Journalismus, überall wo mit Informationen, Daten und Texten gearbeitet wird, existieren bereits Anwendungen künstlicher Intelligenz. Es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass sie zukünftig ein breites Spektrum an Aufgaben übernehmen werden.

Gleichzeitig bietet die Digitalisierung unterschiedlichen Personengruppen ein Ausmaß an vorher unbekannte Möglichkeiten. Beispielsweise, um Arbeitsort und Arbeitszeit frei zu wählen oder die eigenen Dienste einer breiten Öffentlichkeit anzubieten. Für die digitalen Arbeitskräfte ist allerdings ebenfalls nicht alles Gold was glänzt. Der Freiheit und Selbstbestimmung auf der Habenseite stehen ein geringeres Maß an Arbeitnehmerrechten, Sozial- und Beschäftigungsstandards gegenüber.

Der Strukturwandel in den verschiedenen Wirtschaftsbereichen lässt sich verdichtet als Übergang von einer produktionsorientierten Industriegesellschaft hin zu einer wissensbasierten Informations- und Dienstleistungsgesellschaft beschreiben. Technik zeigt bei alledem ihr dichotomes Wesen. Während sich nämlich einerseits die Anpassung des Menschen an die (technische) Arbeit beklagen lässt, leistet Technik andererseits einen wichtigen Beitrag zur Anpassung der Arbeit an den Menschen. Ihr Beitrag zur Humanisierung der Arbeitswelt ist unbestritten, die Möglichkeiten zur Ausbalancierung von Arbeit, Freizeit und Familie (*work life balance*) sicher noch ausbaubar. Technik verringert gefährliche, schwere oder Routinearbeiten, sie stellt in Form von technischen Sachsystemen verallgemeinertes bzw. überindividuelles Wissen und Können zur Verfügung und entbindet den Einzelnen damit vom Erwerb bestimmter Qualifikationen. Gleichzeitig schafft sie Raum für den Aufbau einer lern- und innovationsfreundlichen Arbeitsorganisation (vgl. Ropohl 1988, S. 90; Wischmann & Hartmann 2018, S. 2).
Soll Technik den arbeitenden Menschen nicht überraschen oder ihn sogar in seiner Integrität bedrohen, muss er ausreichend auf sie vorbereitet werden (Müller 1990, S. 5). Technische Bildung kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, dass die Probleme und Chancen einer technisierten Arbeitswelt analysiert werden und das dabei erarbeitete Wissen in individuellen Handlungsstrategien mündet. Dies dient der Vorbereitung auf die Arbeitswelt, der Berufsorientierung und möglicherweise auch der Berufszufriedenheit.

4.1.4.4 Technik und Politik

Chance und Problem: Technik und Politik
Technikentwicklung ist ihrem Wesen nach Gestaltung der sozialen Zukunft und verpflichtet deshalb Technikwissenschaftler genauso wie Politiker und Staatsbürger (Rauner & Heidegger 1997, S. 128). Die Vorgänge und Prozesse gesellschaftlicher Meinungsbildung sowie das dazugehörige institutionalisierte System zur Umsetzung der gesellschaftlichen Positionen, zählen zur „organisatorischen Hülle“ der Technik (vgl. Kornwachs 2015, S. 161ff.). Die Frage, wer aber nun wen organisiert bzw. zu welchem Zweck, lässt sich spätestens seit den Analysen von Karl Marx kontrovers diskutieren.
Darauf, dass die wissenschaftsfundierte Technik den gesellschaftlichen Subsystemen, unter anderem auch der Politik, ihre eigene „Sachgesetzlichkeit“ aufzwingt, hat unter anderem der Soziologe Helmut Schelsky (1961) hingewiesen und betont, dass mit jedem neuen technischen Gegenstand, mit jeder neuen technischen Umwelt neue soziale und psychische Tatbestände geschaffen werden, die dann wiederum mit den Sozial-, Wirtschafts- und Humantechniken in den Griff bekommen werden müssten. Den Staat selbst skizziert Schelsky als „technischen Körper“, der die Wirkungen der vorhandenen technischen Mittel in Anspruch nimmt, ja die höchste Wirksamkeit dieser Mittel selbst zum Ziel hat. Allerdings wird durch die rasante Entwicklung der Mittel gleichzeitig der Spielraum der Politik eingeschränkt (ebd., S. 24ff.). Für Herbert Marcuse sind die industriell fortgeschrittenen kapitalistischen Gesellschaften gekennzeichnet durch eine aufgrund von Klasseninteressen beförderte Verschmelzung von Technik und Herrschaft, Rationalität und Unterdrückung. Die eigentlich befreiende Kraft der Technologie verkehrt sich seiner Meinung nach in eine Fessel, sie wird zur Instrumentalisierung des Menschen (Marcuse 1967, S. 233).
Die gesellschaftliche Ordnung, mithin die Politik sollten eigentlich Bedürfnisse kanalisieren sowie den Rahmen definieren, in dem sich Technik entwickeln kann. Die Grundlage hierfür wäre jeweils eine öffentliche Diskussion und Reflexion über technisches Können und gesellschaftliches Wollen (vgl. Habermas 1969, S. 119). Vieles läuft aber scheinbar ohne direkte politische Beeinflussung. Politik ist oft erst dann involviert, wenn der technische Fortschritt

oder einzelne technische Entwicklungen ganz offensichtlich politischer Entscheidungen bedürfen. Diese Zurückhaltung erfolgt wohl nicht immer bewusst. Bisweilen drohen Dynamik technischer Entwicklungen und Sachgesetzlichkeiten die regulativen Kräfte des Gemeinwesens zu überfordern. Öffentliche Meinung wie politisches System geraten dann in eine überwiegend passive, reaktive Rolle. Damit fehlen dem politischen Handeln Zeit und Wissen um Herr im Haus der Dinge, Werkzeuge und Maschinen zu sein – wie es Richard Sennet (2008, S. 13) mit Hinweis auf Hannah Arendts Konzept eines gesellschaftlichen Verständigungsprozesses ausdrückt.

Politische Mitverantwortung und Technikakzeptanz der Bürger wiederum basieren auf individuell erarbeiteten Erkenntnissen über spezifische Technologien und kollektiv verantworteten Entscheidungen hinsichtlich des Nutzens auf der einen und des Risikos- und Gefährdungspotenzials auf der anderen Seite. Ohne Wissen über den technischen, soziologischen, ökologischen und ökonomischen Kontext einzelner Technologien ist eine zielführende Partizipation allerdings nur schwer möglich. Für den inneren Ausgleich in einer Demokratie birgt dies ein gewisses Sprengpotenzial. Das Gefühl, Diskurs oder Entscheidungen etwa bei Großprojekten der Verkehrsinfrastruktur oder der Energieversorgung lediglich als passiver, weil nur unzureichend informierter Zuschauer verfolgen zu können, kann sich zur Entfremdung von Teilen der Bevölkerung vom politischen System auswachsen. Geradezu paradox ist, dass der politische Bereich dabei auch noch hinter seinen technischen Möglichkeiten zurückbleibt. Denn während die Informations- und Kommunikationstechnologien zur Ausweitung von ökonomischen und beruflichen Handlungsspielräumen führen, spielen sie in politischer Hinsicht – etwa als technisch unterstützendes Element direkter Partizipation – keine Rolle.

Das Verhältnis zwischen Technik und politischem System bedarf einer Analyse, die in mehrere Richtungen gehen kann. Neben der Analyse der Macht der Technik auf die Politik oder der Macht der Politik auf die Technik ist sicher auch eine Analyse sinnvoll, wie sich das politische System oder einzelne Akteure der Technik bemächtigen. Im Fokus stehen hier auf alle Fälle Fragen, die die Freiheit, Sicherheit und Anonymität in einer digitalen Welt betreffen.

Die politischen Konsequenzen der Kommunikations- und Informationstechnik lassen sich nur schwer einschätzen: Führt die digitale Revolution zu Transparenz, Offenheit und Demokratisierung? Zu einer Welt, in der Informationen Klassengrenzen schleifen und soziale Mauern einreißen oder zu abgeschotteten Zirkeln, Clustern und Zellen, zu einer Konstitution illegitimer, sich neben den demokratisch legitimierten Institutionen etablierenden Machtstrukturen?

Politisch gesehen ergeben sich mit der digitalen Revolution zweifelsohne große Chancen: Da ist zunächst die überall verfügbare Informationsquelle, die Transparenz und Kontrolle verspricht und da sind die Möglichkeiten, sich zu organisieren und zu partizipieren. Wie diese Chancen genutzt werden oder wie unabhängig der einzelne den im Netz verbreiteten Ideologien begegnet, hängt vom Bildungsgrad einer aufgeklärten Bürgergesellschaft ab, die die hinter den Informationen stehenden ökonomischen, politischen oder technologischen Zusammenhänge einzuschätzen gelernt hat. Entsprechende Fähigkeiten in den Schulen anzubahnen, erscheint angesichts der verbreiteten Sorglosigkeit im Umgang mit digitalen Medien sowie der Regellosigkeit bei der Publikation von Informationen dringend geboten.

Die Ambivalenz der Technik in Bezug auf politische Willensbildungsprozesse und das politische System beurteilen zu können, sollte ein wichtiges Ziel technischer Bildung sein. Technologische Kenntnisse sind hierfür eine unabdingbare Voraussetzung. So gründet beispielsweise das Bewusstsein über die Bedeutung der informationellen Selbstbestimmung als Grundrecht ja auch auf der Kenntnis grundsätzlicher Möglichkeiten, diese zu verletzen.

4.1.4.5 Technik und Natur

Problem und Chance: Technik und Natur
Produktion und Konsum von Gütern und Dienstleistungen sind ohne Rückgriff auf Rohstoffe, Boden, Luft und Wasser nicht möglich. Der Mensch greift durch sein ökonomisch-technisches Handeln fortwährend in das aus belebten Organismen und unbelebten Elementen bestehende Ökosystem ein. Im so genannten „Anthropozän“ ist er zu einer planetaren Kraft geworden, ohne dass sich schon eine entsprechende planetare Vernunft entwickelt hätte (Renn 2020, S. 21).
Die Technik spielt bei der Erschließung natürlicher Ressourcen genauso wie bei ihrem Verbrauch eine entscheidende Rolle. Damit die Technik am Laufen gehalten werden kann, werden manche Ressourcen schneller verbraucht, als neue gefunden werden. Die Folge davon ist eine fortwährende Verknappung nicht reproduzierbarer Elemente und eine Belastung sensibler ökologischer Gleichgewichtszustände (vgl. Kreikebaum 1996, S. 118f.). Die ursprüngliche Funktion der Technik, sich der Natur zu bedienen, um die Lebensumstände im Hinblick auf grundlegende Bedürfnisse zu verbessern, ist in der Neuzeit einer beispiellosen Bemächtigung der Natur durch den Menschen gewichen. Als Ursache der damit entstehenden „künstlichen Natur“ wird das neuzeitliche Denken gesehen. Indem die Natur mit den wissenschaftlichen Mitteln analysiert, zerlegt und diese Elemente in bis dato unbekannte Verknüpfungen überführt werden, schafft sich der Mensch einen neuen, von ihm selbst entworfenen Herrschaftsraum (vgl. Jonas 1960). Jürgen Renn (2020, S. 23) begreift das Ausmaß der Wechselbeziehung zwischen menschlicher Gesellschaft und Erdsystem im Anthropozän daher als Folge einer „epistemischen Evolution“, in der wissenschaftsbasierte Technologien das menschliche Leben beziehungsweise Überleben sichern. Verschiedene Faktoren mussten jedoch zusammenwirken, damit die völlige In-Dienst-Stellung der Natur tatsächlich realisiert werden konnte: Für Elmar Altvater (2006, S. 171ff.) ist dies die Folge einer Synthese aus industrieller Technik, dem Potential fossiler Energieträger, jederzeit und dezentral Energie bereit zu stellen sowie der besonderen sozialen Organisation des Kapitalismus mit seinen ungebremsten ökonomischen Wachstumsphantasien.
Technik ist auf der einen Seite die Ursache ökologischer Probleme, andererseits können wichtige Existenzfragen ohne Technik nicht gelöst werden. Eine der drängendsten Aufgaben, die Ökonomie und Technik lösen müssen, ist beispielsweise die Energieproblematik, besonders die Ablösung aus der fossilen Umklammerung. Vorrangiges Ziel muss es zudem sein, dass nicht erneuerbare Ressourcen nicht schneller verbraucht werden, als Ersatz für sie gefunden wird („Quasi-Nachhaltigkeit“). Nicht nur dafür ist es erforderlich, die Durchsatzintensität verschiedener Technologien zu optimieren, also eine Steigerung der ökonomisch-ökologischen Effizienz zu erreichen (vgl. Daly 2002, S. 3-17).
Die individuellen und gesellschaftlichen Chancen, die in der Überwindung ökologisch zweifelhafter Wege liegen, sind vielfältig. Ökologisch sinnvolle Lösungen etwa in der Energie-, Bau- oder Verkehrstechnik könnten zu mehr Sicherheit, Gesundheit, Wohlstand, zur Schaffung neuer beruflicher Betätigungsfelder und generell zu mehr Lebensqualität führen. Dafür, dass ökologisches Produzieren beispielsweise nicht vorrangig auf Vermeidung und Verzicht ausgerichtet sein muss, wenn technische und biologische Kreisläufe berücksichtigt werden, meinen Michael Braungart und Wiliam McDonough den richtigen Ansatz gefunden zu haben. Nicht die falschen Dinge weniger schlecht, sondern von vorneherein die richtigen Dinge machen, ist ihr Motto. Mit ihrem Ansatz, beim Design der Dinge die ökologische Effektivität vor die Effizienz zu stellen, geben sie zugleich wertvolle Anregungen für Projekte im Rahmen technischer Bildung. Folgende Punkte sollten ihrer Meinung nach im Schaffensprozess stets berücksichtigt werden (Braungart & McDonough 2013, S. 119):

- Gebäude, die wie Bäume mehr Energie produzieren, als sie verbrauchen, und ihr eigenes Abwasser reinigen;
- Fabriken, die Abwässer mit Trinkwasserqualität freisetzen;

- Produkte, die nach Ende ihrer nützlichen Verwendung nicht nutzloser Abfall werden, sondern einfach am Boden verrotten und Nahrung für Pflanzen und Tiere und Nährstoffe für den Boden liefern oder die wieder in den industriellen Kreislauf eingebracht werden und hochwertige Rohstoffe für neue Produkte liefern;
- technische Nährstoffe im Wert von vielen Milliarden, ja sogar Billionen Dollar pro Jahr für die Belange der Menschen und der Natur;
- Transportmittel, die die Lebensqualität erhöhen, während sie Güter und Dienstleistungen liefern;
- eine Welt des Überflusses, nicht eine der Begrenzungen, der Verschmutzung und des Abfalls.

Die Perspektiven der Menschheit sind nicht gegen, sondern nur mit der Natur denkbar. Natur und Mensch bilden eine Einheit. Die einzelne Person im Rahmen von Bildungsmaßnahmen auf die Natur und ihre Belange zu verweisen, bedeutet daher auch, ihn auf sich selbst zu verweisen. Vorrangiges Ziel einer auf Umweltbelange ausgerichteten technischen Bildung muss die Sensibilisierung für sinnvolles ökologisches Handeln sein, ohne dabei dogmatisch auf ein bestimmtes Verhalten zu setzen (vgl. Kahlert 2005, S. 434).
Eine Voraussetzung dafür ist, Grundlagen für die Beurteilung ökologischer Konsequenzen durch technisches Handeln, technische Systeme oder Entwicklungen zu schaffen. Dazu bedarf es eines Verständnisses für Energie- und Stoffumsätze. Generelles Ziel sollte es sein, ein Bewusstsein dafür anzulegen, dass technische Entwicklungen stets unter Beachtung ökologischer Gleichgewichtszustände vorangetrieben werden sollten und gegebenenfalls auch hinter diese zurücktreten müssen. Technik sollte die Natur nicht nur benutzen, sondern ihr auch nützen. Für den amerikanischen Ökonomen und Soziologen Jeremy Rifkin (2011, S. 252f.) ist es daher nicht damit getan, bei Schülern und Studenten nur das Wissen und die technischen Fertigkeiten für umweltgerechte Technologien anzubahnen. In seinem Buch „Die dritte industrielle Revolution“ fordert er gleichzeitig den Aufbau eines „Biosphärenbewusstseins“, also die Erkenntnis der Zugehörigkeit zu einer Gemeinschaft mit anderen Kreaturen in einer „evolutionären Großfamilie“.

4.2 Inhalte technischer Allgemeinbildung

Methoden dienen der Zielerreichung und der Auseinandersetzung mit Inhalten. Nach dem Blick auf den Prozess der Identifizierung und Legitimierung grundsätzlicher Ziele technischer Bildung, befasst sich dieses Kapitel mit den (technischen) Lerninhalten. Wieder steht im Hintergrund die Frage, welche Lern- oder Unterrichtsmethoden letztendlich für welche Lerninhalte technischer Allgemeinbildung geeignet erscheinen. Antworten darauf zu finden, bleibt in der Verantwortung der jeweiligen Lehrperson. In einem didaktischen Entscheidungsfeld, das nicht selten durch vage Zielvorgaben und Inhaltsvielfalt gekennzeichnet ist, wird die Passung wohl aber dann umso besser gelingen, umso deutlicher das Verständnis über grundsätzliche Stoffstrukturen ausgebildet ist. Dem Aufbau dieses Verständnisses will dieses Kapitel zuarbeiten.

Lerninhalte technischer Bildung: Unter Lerninhalten versteht man ganz allgemein die als bildungsbedeutsam eingestuften Charakteristika spezieller Domänen, die sich der Adressat einer Bildungsmaßnahme als Kenntnisse und Fertigkeiten aneignen soll. Dass Lerninhalte neben der bloßen fachlichen Qualifikation durchaus noch mit anderen Intentionen in Verbindung gebracht werden, lässt sich an verschiedenen – teilweise synonym verwendeten – Begriffen ablesen. Gesprochen wird unter anderem vom (Lern-)Stoff, Bildungsgut, Aneignungs- oder Lerngegenstand, Lehr-, Lern- oder Ausbildungs- oder auch Erziehungsinhalt (Köck 2015, S. 349).

Methoden dienen in erster Linie der Inhaltsbegegnung und Inhaltsaneignung. Ist ihre Performance jedoch selbst das Ziel der Lehr-/Lernmaßnahme, zählen sie ebenfalls zu den Inhalten.
Die Entwicklung von Kriterien und Verfahren zur Auswahl von Lerninhalten gehört ebenso wie die Definition von Zielen zur Curriculumentwicklung und ist ein Aufgabenfeld der Didaktik. Jank & Meyer (2003, S. 18) weisen darauf hin, dass die Auswahl dessen, was in Bildungseinrichtungen gelernt wird, nicht immer das Ergebnis eines theoriegesteuerten Prozesses ist und die Mehrzahl der Inhalte nicht durch Wissenschaftler legitimiert wird, sondern ihren Weg eher situativ in Lehr- und Lernprozesse findet. Wenngleich also ein System legitimierter und fixierter Lerninhalte durchaus wünschenswert ist, weil es mit dazu beitragen könnte, einer einseitigen oder zufälligen Inhaltsauswahl vorzubeugen (vgl. Otto & Schulz 1986, S. 55), ist damit nicht jedes Problem beseitigt. Besonders im Bereich technischer Bildung ist eine Öffnung der Curricula für aktuelle oder alternative Themen ja durchaus angebracht. Andererseits ist die Klärung elementarer Inhalte für die technische Bildung ebenso bedeutsam, da sie ihren strukturellen Kern einerseits in verschiedenen Gegenstandsbereichen, Fächerverbünden oder Lernfeldern verteidigen und sich andererseits selbst der sachgerechten Abstimmung mit anderen Fächern oder Lernbereichen stellen muss (Bienhaus 2010, S. 9). Ein Kanon exakt definierter technischer Inhalte hat sich innerhalb der unterschiedlichen Grundpositionen folgenden Technikdidaktik jedoch noch nicht herauskristallisiert. „*Der Blick in die Lehrpläne der Bundesländer, aber auch über die Ländergrenzen hinaus zeigt eine unübersehbare Heterogenität der Inhalte für eine wie auch immer organisierte und gestaltete technische Allgemeinbildung*“ (Meier & Jakupec 2010, S. 27).
Walter E. Theuerkauf (2009, S. 85) vergleicht Inhaltsdimensionen technischer Bildung aus unterschiedlichen curricularen Vorschlägen (s. Tabelle 4.3.). Dadurch werden inhaltliche Überlappungen und Entsprechungen sichtbar.

Tab. 4.3: Vergleich von Inhaltsdimensionen (Theuerkauf 2009, S. 85)

Handlungsfelder *(Verein Deutscher Ingenieure, VDI)*	Inhaltsbereiche (Kerncurriculum für den Lernbereich "Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft/ Arbeitslehre", KECALL)	Disziplinen *(International Technology Education Association, ITEA)*	Basic Needs *(Walter Theuerkauf)*
Arbeit und Produktion	Unternehmen	Produktionstechnik Landwirtschaftstechnik	Arbeit Industrialisierung und Automatisierung
Bauen und Wohnen	Haushalt	Bautechnik	Lebensraum des Menschen insbesondere Wohnen
Transport und Verkehr	Infrastruktur	Transporttechnologie	Mobilität
Versorgung und Entsorgung	Infrastruktur	Energietechnik	Ressourcen von Energie und Grundstoffen
Information und Kommunikation	Infrastruktur	Kommunikationstechnik	Kommunikation und Mobilität
Haushalt und Freizeit	Haushalt	Medizintechnik	Nahrungsmittel- und Gesundheitsversorgung

Die Ergebnisse einer von Rossouw, Hacker und de Vries (2010) veröffentlichten Delphi-Studie mit Experten aus verschiedenen Bereichen technischer Bildung verdeutlichen ebenfalls die curriculare Reichweite technischer Bildung. Aufgezeigt werden jedoch auch Möglichkeiten, wie

der Inhaltsvielfalt und dem Transferproblem begegnet werden kann. Besonders durch eine Unterscheidung zwischen *concepts* und *contexts* erwarten sich die Autoren mehr inhaltliche Kohärenz für Curricula technischer Bildung. „*The idea is that by teaching concepts in a variety of contexts gradually the learner will start to recognize the more generic nature of the concepts and be able to apply it in new contexts. This recognition has to be supported carefully, as the concepts take different 'appearances' in different contexts*." Die Liste der *concepts* umfasst *designing, systems, modelling, ressources, values*. Zu den *contexts* zählen die Autoren *shelter = construction, artefacts for practical purposes, mobility, communication, health, food, water, energy, safety*.
Die inhaltliche Vielfalt und Divergenz – das zeigen die verschiedenen Konzeptionen – lässt sich kaum generell beschränken, besonders dann nicht, wenn der Blick nicht ausschließlich auf feste Fachstrukturen für die Umsetzung technischer Bildung beschränkt bleiben soll. Im Rahmen dieses Buches soll die Charakterisierung der Inhalte daher unabhängig von konkreten Technikbereichen oder Technologien erfolgen. In Anlehnung an Henseler & Höpken (1996, S. 33) lassen sich zu den elementaren Inhalten technischer Bildung die naturwissenschaftlichen Grundlagen, technische Artefakte, Sachsysteme und Prozesse, technische Handlungen und methodische Vorgehensweisen sowie Technikgeschichte und Technikbewertung zählen. Sie werden nachfolgend etwas ausführlicher dargestellt und auf ihren Bildungsgehalt hin überprüft.

4.2.1 Naturwissenschaftliche Grundlagen

Bildungsgehalt der naturwissenschaftlichen Grundlagen: Wie der geschichtliche Exkurs in Kapitel 2 gezeigt hat, fanden die naturwissenschaftlichen Methoden und Erkenntnisse nur langsam Eingang in den Bereich der Technik. Als sie sich dort jedoch einmal festgesetzt hatten, ergriffen sie von dieser Sphäre so umfassend Besitz, dass Technik zum Synonym für Naturwissenschaften wurde (vgl. Zoglauer 1996, S. 94). Als Wegbereiter für die Verbindung von Wissenschaft und Technik gilt Francis Bacon (1561-1626). Er überwand die zeitgenössische Fixierung der Wissenschaft auf Metaphysik und Philosophie, betonte die Anwendungsmöglichkeiten wissenschaftlicher Erkenntnisse für die Praxis und interessierte sich zudem für den operativen und instrumentalen Charakter wissenschaftlichen Tuns. Mit seinem Plädoyer für die wissenschaftliche Methode inspirierte er eine Vielzahl anderer Denker (vgl. Mumford 1977, S. S. 455ff.).
Der Siegeszug der Naturwissenschaft in der Neuzeit hat die Technik aus den Beschränkungen von Zufall und Erfahrung herausgeführt. Verstand und Sinnesorgane – die menschlichen Erkenntniswerkzeuge – bestimmten nunmehr im methodisch aufeinander bezogenen Wechsel die weitere naturwissenschaftlich-technische Entwicklungslogik. Vereinfacht lässt sich die folgendermaßen beschreiben: Im Ringen um die Aufklärung von Ursache und Wirkung beziehungsweise dem rechten Verhältnis von Mittel und Zweck werden im Vorgriff auf mögliche Ergebnisse Hypothesen formuliert. Auf dieser Grundlage werden Experimente und Versuchsanordnungen geplant und erstellt. Die dadurch festgelegten Abläufe und ihre Ergebnisse werden beobachtet und vorzugsweise in der abstrakten Sprache der Mathematik dokumentiert. Über einen Abgleich mit den Hypothesen erfolgt dann die Einordnung der Ergebnisse in das wissenschaftliche Erkenntnisgebäude.
Darauf, dass der Antrieb für das wissenschaftliche Tun nicht ausschließlich auf das subjektive Vergnügen oder den hehren wissenschaftlichen Erkenntnisdrang zurückzuführen ist, verweist Mumford (1977, S. 456): Von Anfang an wurde die offiziell anerkannte Wissenschaft hauptsächlich wegen der von ihr erhofften und versprochenen praktischen Anwendungsmöglichkeiten in Kriegsführung, Produktion, Transport und Kommunikation ermutigt und gefördert. Die Annahme Bacons, dass sich der technische Fortschritt durch gesellschaftliche Werte und Moralvorstellungen lenken und zügeln ließe, hat sich nicht bewahrheitet (Macrone 2004, S. 109).

Die historische und aktuelle Verbindung von Wissenschaft und Technik zu untersuchen, könnte sich möglicherweise für technische Bildungsprozesse durchaus als lohnend erweisen und zwar nicht nur aus technikhistorischer Sicht.
Heute zeigen sich die Naturwissenschaften als wissenschaftliche Disziplinen, die überwiegend empirisch, also unter Anwendung erfahrungswissenschaftlicher Methoden wie Beobachtung, Messung oder Experiment, Zusammenhänge zwischen Naturerscheinungen aufdecken. Die so gewonnenen Erkenntnisse unterliegen dem Schema von Ursache und Wirkung und lassen sich unter dem Begriff Naturgesetze bündeln.[44] Naturgesetze beschreiben das sich überall mit gleichem Ablauf vollziehende Naturgeschehen in Form von Bedingungen in zumeist abstrakter mathematischer Form. Übliche Formate sind etwa Kurvenscharen, Differentialgleichungen, gruppentheoretische Aussagen oder Erhaltung-, Extremal- oder Symmetrieprinzipien (vgl. Kornwachs 1996, S. 25).
Die Bandbreite, mit der die Technik zusätzlich zum oben angerissenen wissenschaftsgeschichtlichen Aspekt aus Richtung der Naturwissenschaften aufgeschlossen werden kann, ist breit. Allein schon durch seine eigene organische Ausstattung ist der *homo faber* aufs Engste auf die Natur verwiesen (vgl. Karafyllis 2009, S. 343). Die physiologischen Eigenschaften determinieren seine unmittelbaren mechanischen und motorischen Möglichkeiten und sind daher bei der Arbeitsplatzgestaltung genauso wie beim Produktdesign zu berücksichtigen. Deutlich wird die Abhängigkeit der Technik von der Natur und ihren Gesetzen zudem bei der Analyse technischer Artefakte, etwa bei der Betrachtung von Werkzeugform und -anwendung sowie den spezifischen Eigenschaften der jeweils verwendeten Materialien. So bestimmen etwa die durch physikalisch-chemische Analysen festgestellten Materialeigenschaften die Bandbreite ihrer jeweiligen technischen Verwendung (z.B. Wärmedämmstoffe). Auch die nach außen wirkenden Funktionen technischer Artefakte und Sachsysteme werden im Inneren durch das Zusammenwirken verschiedener Elemente sichergestellt, die ihrerseits ihre Funktionen auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Gesetze erfüllen (z.B. Hebelgesetze bei Hebeeinrichtungen).
Von der abstrakt-theoretischen Ebene der Naturgesetze aus lässt sich ein vom konkreten Einzelfall losgelöstes technisches Verständnis aufbauen, dem sich über die in Konstanten, Formeln oder Diagrammen niedergelegten quantitativen Aspekte objektive Bewertungs- und Bedingungskriterien zuführen lassen (vgl. Iwanow & Tscheschew 1992, S. 92f.).
Die Begegnung mit den Naturwissenschaften kann dabei jeweils auf zwei Pfaden erfolgen: Eine Möglichkeit ist es – um mit Martin Wagenschein (1960, S. 79) zu sprechen – „im technischen Gerät die Natur auszugraben“. Eine andere setzt an der Analyse von Regeln, Formeln, Diagrammen, Mess- oder Rechenvorschriften an: Sie können auf ihre physikalisch-chemischen Zusammenhänge zurückgeführt und anschließend für den konkreten technischen Anwendungsfall interpretiert werden. Ein Beispiel hierfür ist der Carnot-Kreisprozess, mit dem sich Prinzipien für Wärmemaschinen beliebiger Art formulieren lassen.

4.2.2 Sachtechnik

Bildungswert der Sachtechnik: Trotz der Dominanz und Bedeutung der Technik bleibt der Versuch, selbst dem interessierten Laien eine differenzierte Aussage zur Technik zu entlocken, nicht selten ein aussichtsloses Unterfangen. Im Vergleich zum Sport beispielsweise, bei dem Spielsituationen mit mannigfachen Bezügen etwa zur individuellen Leistungsfähigkeit, dem Trainingszustand der Mannschaft, der Taktik des Trainers, den äußeren Bedingungen o.ä. dis-

[44] Mit der Problematik, Naturgesetze als unausweichliche Kausalitäten zu betrachten, beschäftigt sich Hans Poser (2012, S. 69ff.): Quantenphysik oder Mutationen machten es schwierig, von kausalen Zusammenhängen zu sprechen. Zudem seien die Notwendigkeiten der Natur selbst nicht zu beobachten, sondern nur festzustellen. Die menschliche Wahrnehmung erlaube also nicht die Aussage »*Weil* die Sonne einen Stein bescheint, erwärmt er sich«, sondern nur »*Wenn* die Sonne den Stein bescheint, wird der Stein warm«.

kutiert werden, sind Ausführungen zur Technik oft merkwürdig eindimensional oder beschränken sich auf einzelne Leistungsaspekte. Es scheint so, dass die durchaus vorhandenen Möglichkeiten, die Vielgestaltigkeit der Technik systematisch zu erfassen und sie als Ausgangspunkt für weiterreichende Analysen zu verwenden, nur Experten geläufig sind. Eine Ursache liegt wohl darin, dass das rasche Angebot an immer neuen Geräten und Technologien zumeist als selbstverständlich angesehen wird, an einer näheren Analyse von Aufbau und Funktion deshalb die wenigsten interessiert sind. Henry Petroski (1994, S. 63) sieht hier einen Unterschied zu früheren Generationen, für die technologische Errungenschaften noch eher von intellektuellem Interesse waren. Als Folge daraus beklagt er, dass zwar vieles über Physik oder Medizin zu lesen sei, aber wenig über die Gedanken oder Produkte von Ingenieuren oder Erfindern. Diese Einschätzung muss heute angesichts der Publikationen und Zeitschriften über Informations- und Kommunikationstechnik zumindest teilweise revidiert werden. Generell gilt indes aber wohl weiterhin die Feststellung von Günter Ropohl aus dem Jahr 1979, dass „*der Mensch vor der Technik steht, wie der Verirrte, der vor lauter Bäumen den Wald nicht sieht*“. Die „unbewältigte Technik“, für Ropohl (1979a, S. 12) ist sie Ausgangspunkt für deren eigene Unvollkommenheit sowie für ressentimentgeladene oder hilflose Reaktionen gegenüber ihren Erscheinungen, Bedingungen und Folgen.
Generell ist die Technik heute zwar näher an den Menschen herangerückt, die Komplexität gerade der informations- und kommunikationstechnischen Lösungen sowie der Trend zur Miniaturisierung haben sie aber deswegen nicht unbedingt „begreifbarer“ gemacht. Zudem – und das ist ja geradezu ein Erfolgsrezept – wird Technik hinter Verkleidungen, eleganten Hüllen und Design versteckt.
Das technikdidaktische Ziel der Souveränität gegenüber der Technik bedingt jedoch ein grundlegendes Wissen über die jeweiligen Gegenstandsstrukturen und ihre elementaren funktionalen Zusammenhänge. Ein erster Ansatzpunkt zur gedanklichen Orientierung ist eine begriffliche Ordnung und Trennung technischer Phänomene.

Gebilde – Artefakt – System: Betrachtungen über die Technik beziehen sich auf Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Automaten. Die Rede ist auch von technischen Anlagen, Apparaten, Baugruppen, Maschinenelementen oder speziellen Einzelteilen. Die unterschiedliche Benennung der technischen Gebilde resultiert aus ihrer geschichtlichen Entwicklung und dem jeweiligen Verwendungsbereich. Sinnvoll für ein Ordnungssystem ist ein Oberbegriff, dem alle technischen Gebilde gleichermaßen zugerechnet werden können. Das erweist sich als schwierig, wie Ropohl (1994 S. 12 ff.) am Beispiel des Maschinenbegriffs aufzeigt. Einen Ausweg bietet in diesem Zusammenhang das Wort Artefakt, das ja ein durch menschliche oder technische Einwirkung entstandenes Produkt bezeichnet und sich so von den natürlichen Dingen abgrenzt. Allerdings ist auch hier das Adjektiv technisch davor zu setzen, da der Begriff Artefakt auch für Objekte künstlerischen Schaffens gültig ist. Als integrierender Begriff von größerer Reichweite erweist sich der von verschiedenen Seiten verwendete Systembegriff (Ropohl 1979; Hupka 1984; Pahl & Beitz 2003). Ropohl fügt dem Systembegriff noch das Wort Sache an, um zu verdeutlichen, dass es sich hier um von Menschen gemachte Systeme handelt.
Die dem Systembegriff zugrundeliegende Systemtheorie geht davon aus, dass jedes System eine Umgebung besitzt und sich in eine Systemhierarchie einordnen lässt. Ein komplexes technisches System (auch Supersystem) besteht demnach aus einer Vielzahl von Teilsystemen, die sich ggf. wiederum in Subsysteme unterteilen lassen. Die Teil- oder Subsysteme können durch Systemgrenzen voneinander abgegrenzt werden. Ein- und Ausgangsgrößen überschreiten diese Systemgrenzen. Jedes System besitzt eine bestimmte Funktion und auch eine bestimmte Struktur (vgl. Ropohl 1994).

Hierarchisierung technischer Sachsysteme: Geräte, Maschinen oder andere technische Gebilde bestehen in der Regel aus einer Vielzahl von Teilsystemen. Die funktionalen Beziehungen

zwischen den Teilsystemen sind nicht durchweg sequentiell, sondern folgen auch hierarchischen Abhängigkeiten. So fügen sich Subsysteme insgesamt zu jeweils größeren Systemverbünden. Ropohl (ebd., S. 15) schreibt die verschiedenen Erscheinungen der Technik in eine achtstufige Sachsystem-Hierarchie ein (s. Abb. 4.6).

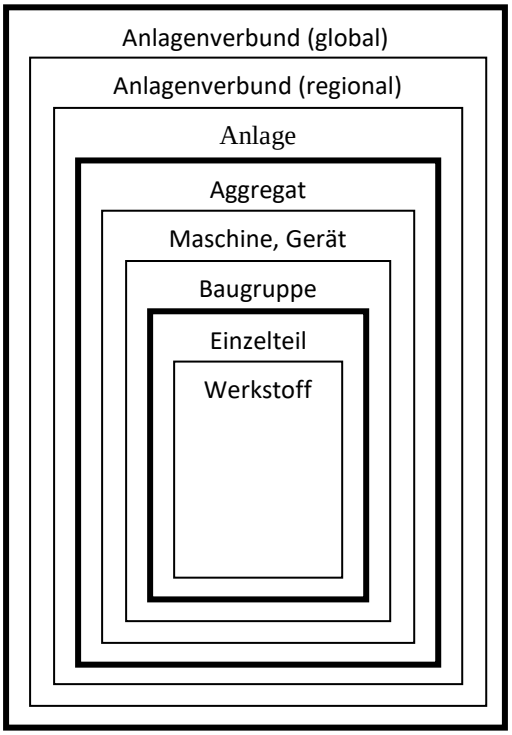

Abb. 4.6: Achtstufige Sachsystem-Hierarchie (Ropohl 1994, S. 15)

Die Darstellung verweist darauf, dass höherrangige Sachsysteme dadurch entstehen, dass Sachsysteme niedrigeren Ranges miteinander verknüpft werden. Eine Kupplung beispielsweise ist eine Baugruppe, die Teil einer Maschine oder eines Geräts ist und selbst wiederum in bestimmte Baugruppen oder Einzelteile unterteilt werden kann. Wie Ropohl anmerkt, ist es wohl eine Tendenz der Technik, dass sich die Sachsystem-Hierarchie um höhere Rangstufen erweitert, wie dies etwa bei weltumspannenden Informationssystemen festzustellen ist. Meier, Meschenmoser und Zöllner (2004, S. 51 ff.) erweitern das Schema hierarchisch aufeinander bezogener Systeme um den Begriff „Infrastruktur“ und meinen damit miteinander verknüpfte komplexe technische Systeme aus den Bereichen Information und Kommunikation, Transport und Verkehr sowie Ver- und Entsorgung. Zur Charakteristik technischer Infrastrukturen zählen sie folgende Punkte auf:

- Infrastrukturen bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten (Polyvalenz).
- Sie bilden die Voraussetzungen für den Endkonsum.
- Sie sind meist ortsbezogen und bieten nur geringe Import- bzw. Exportmöglichkeiten.
- Umfangreiche Investitionen haben eine hohe Kapitalbindung zur Folge.
- Die einzelnen Bestandteile sind gegenseitig abhängig (Interdependenz).
- Infrastruktureinrichtungen bzw. -anlagen haben eine lange Lebensdauer und sind unteilbar.
- Da aufgrund der langen Lebensdauer die Nachfrage und die spezifische Nutzergruppe nicht ausreichend prognostiziert werden können, besteht ein hohes wirtschaftliches Risiko.

- Häufig fehlen Marktpreise und am Markt orientierte (d.h. politische) Entscheidungsmechanismen.
- Ein Ausschluss von Partnern von der Nutzung der Infrastrukturen ist technisch meist schwierig. Eine genaue Begrenzung des Nutzens auf einen Konsumentenkreis ist nicht möglich.

Elementare technische Prozesse – Energie-, Informations- und Stoffumsatz: Naturwissenschaften wie die Physik, Chemie oder Biologie liefern Kausalerklärungen für Vorgänge und Zustände und arbeiten dabei mit Modellen, in denen Stoff- und Energieumsätze ausgewiesen werden. In den Technikwissenschaften hat sich neben der Beachtung stofflicher oder energetischer Prozesse zusätzlich eine informationstheoretische Beschreibung von Vorgängen und Zuständen etabliert (vgl. Janich 1996, S. 290). Die funktionale Analyse technischer Systeme lässt sich so auf elementare Prozesse zurückführen, die auf der Modulation von Energien, Stoffen oder Informationen beruhen (s. Abb. 4.7).

Abb. 4.7: Allgemeine Black-Box-Darstellung technischer Systeme

Abstrahierend kann ein technisches System daher zunächst als Black-Box dargestellt werden, der einerseits Energie, Stoff und Information zugeführt werden müssen (Input), die andererseits aber auch wieder Energie, Stoff oder Information entlässt (Output). Innerhalb der Systemgrenzen findet die Verarbeitung der Eingangsgrößen Stoff, Energie und Informationen statt. Bei Veränderungen dieser Größen im Inneren des Systems spricht man dann von Energie-, Stoff- oder Informationsumsatz.
Zum Umsatz von Stoff, Energie oder Information können allgemein Vorgänge wie die Gewinnung, Verarbeitung, Transport, Nutzung sowie die Speicherung gezählt werden (s. Abb. 4.8). Ropohl (1994, S. 17) reduziert die Funktionen begrifflich auf die Wandlung, den Transport und die Speicherung der Systemgrößen.
Der „Umsatz“ der drei Faktoren soll an verschiedenen Beispielen verdeutlicht werden: Bei einer Glühwendel, wie es etwa als Teil eines Föns oder eines Toasters vorkommt, wird elektrische Energie in Strahlungs- und Wärmeenergie umgewandelt. Auch Werkzeugmaschinen wandeln elektrische Energie in mechanische und thermische Energie um. In vielen Fällen findet in technischen Sachsystemen auch eine Veränderung von Stoffen statt, indem sie beispielsweise gemischt, getrennt, gefärbt, beschichtet, verpackt oder transportiert werden. So werden beispielsweise in einem Gartenhäcksler organische Stoffe umgeformt. Bei vielen technischen Sachsystemen spielt überdies der Informationsumsatz eine große Rolle, wobei der Informationsbegriff hier technisch interpretiert werden muss. Informationen in bearbeiteter und evtl. codierter Form bezeichnet man als Daten und weitergeleitete Daten heißen Nachrichten. Informationsumsatz umfasst demnach den Daten- oder Nachrichtenumsatz. Führen Informationen zur Verhaltensänderung eines technischen Systems, werden sie auch als Befehle bezeichnet.

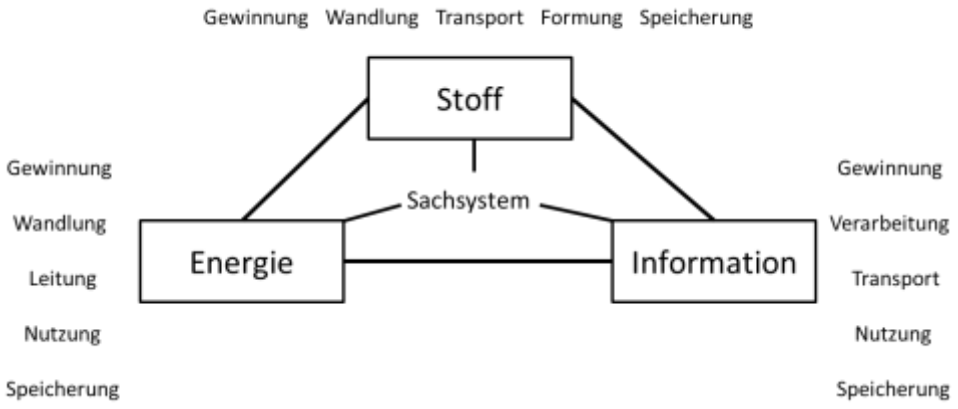

Abb. 4.8: Grundsätzliche Vorgänge des Stoff-, Energie- und Informationsumsatzes technischer Systeme

Wenn Informationen als energetische Ereignisse auftreten, handelt es sich um messbare physikalische Größen. In diesem Zusammenhang wird von Signalen gesprochen. Ein Informationsumsatz kommt demnach über Eingabe, Sammlung, Aufbereitung, Weiterleitung, Vergleich, Verknüpfung, Ausgabe oder Anzeige von Signalen zustande. Informationen können ferner durch stoffliche Aspekte „umgesetzt“ werden. Durch seine geometrische Morphologie ist jedem Artefakt ja bereits eine bestimmte Information aufgeprägt. Eine Veränderung der Morphologie bewirkt dann, dass Informationen weitergeleitet, gespeichert, verknüpft oder auch verarbeitet werden. Beispiele für derartige Vorgänge sind die Stellung oder Bewegung von Zahnrädern eines Getriebes oder der Steuerbefehl über die Stellung des Schalthebels.
Information als Grundgröße zur Analyse technischer Sachsysteme heranzuziehen, weist aus Sicht von Konstrukteuren und auch aus didaktischer Sicht etliche Vorzüge auf. Dass Informationen sich letztlich jedoch „nur“ als stoffliche oder energetische Ereignisse umsetzen lassen, hat zur Kritik an einer eigenen informationstheoretischen Beschreibung von technischen Systemen geführt (vgl. Janich 1996, S. 291ff.).

Erweiterung des Sachsystems - soziotechnisches System: Wie die eingangs in diesem Buch vorgestellte Technikdefinition impliziert, ist Technik ja nicht allein auf die Betrachtung der Sachtechnik zu fixieren, sondern muss um die Handlungszusammenhänge erweitert werden, in denen sie sich „ereignet“. Ropohl (1979a, S. 179) bezeichnet ein solches Handlungssystem, in dem personale und soziale Funktionsträger mit Sachsystemen aggregiert sind, als soziotechnisches System.
Nach Pahl und Beitz (2003, S. 53f.) lassen sich die auf ein technisches System bezogenen Systemzusammenhänge folgendermaßen unterteilen: In den Funktionszusammenhang der einzelnen Teilfunktionen (Funktionsstruktur), in den Wirkzusammenhang der einzelnen physikalisch-chemischen Wirkprinzipien (Wirkstruktur), mit denen die Funktionen realisiert werden, in den Bauzusammenhang der Bauteile, Verbindungen oder Baugruppen (Baustruktur) sowie in den Systemzusammenhang mit anderen technischen Gebilden, mit der Umgebung und eben auch mit den Menschen (s. Abb. 4.9).

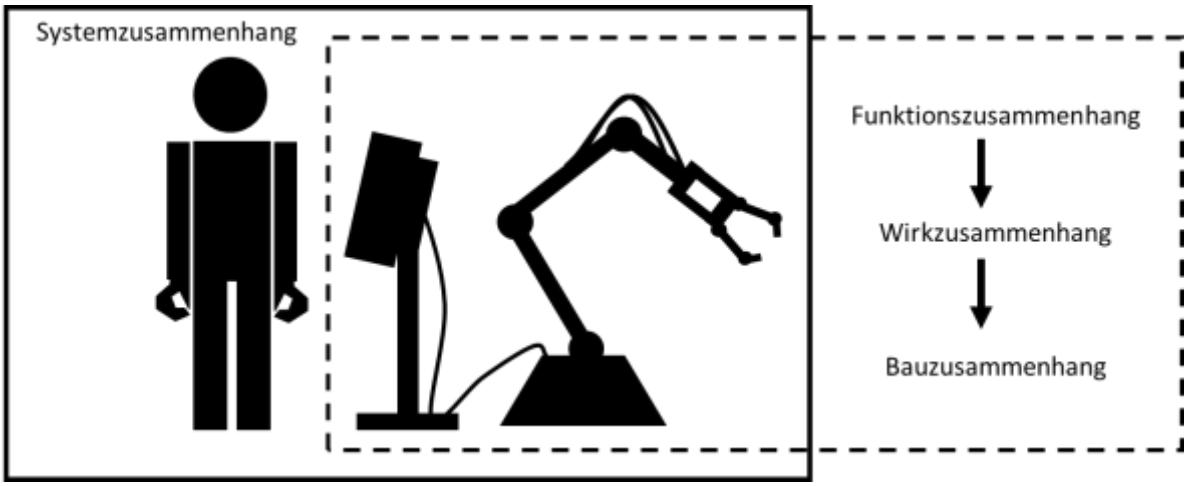

Abb. 4.9: Zusammenhänge bei technischen Systemen

Genauso wie das Konzept des Sachsystems bei der Konstruktion oder Entschlüsselung funktionaler technischer Zusammenhänge behilflich ist, so förderlich ist das Konzept des soziotechnischen Systems bei der Durchdringung des Verhältnisses zwischen Mensch und Technik, etwa in der Arbeitswelt. Das um den Faktor Mensch erweiterte Sachsystem, also das soziotechnische System, dient zum Beispiel in der Arbeitswissenschaft als Ausgangspunkt für die Arbeitsanalyse (vgl. Luczak 1998, S. 27).

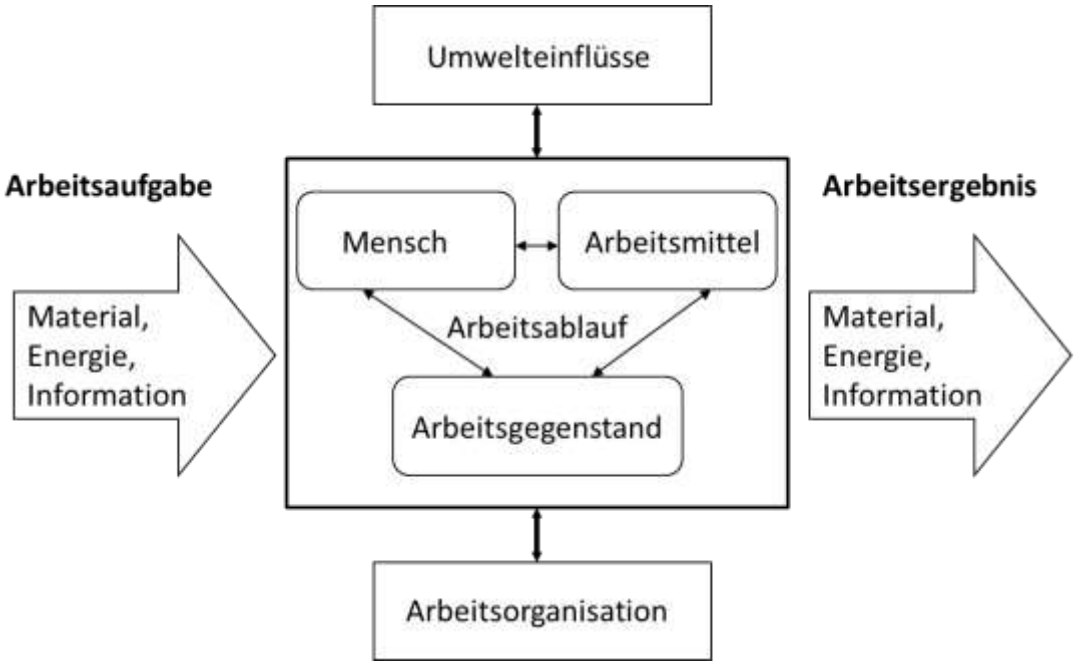

Abb. 4.10: Soziotechnisches (Arbeits-)System (vgl. Luczak 1998, S. 27)

Ein Arbeitssystem lässt sich durch Eingangs- und Ausgangsgrößen sowie durch das Zusammenspiel von Mensch, Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand unter Einwirkung von Umgebungseinflüssen und arbeitsorganisatorischen Vorgaben beschreiben (s. Abb. 4.10). Ziel und Zweck des Arbeitssystems ist die Erfüllung einer Arbeitsaufgabe (vgl. Luczak 1998, S. 27).

Technische Prozesse und Verfahren: Produkte werden in der Regel nicht durch einzelne, autonome Handlungen oder Tätigkeiten, sondern erst als Folge umfänglicher funktionaler Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen Mensch, Artefakten (Arbeitsmittel und Arbeitsgegenständen) und Sachsystemen realisiert. Eine definierte Abfolge dieser Elemente bezogen auf einen bestimmten Produktbereich lässt sich als technologisches Verfahren bzw. als technologischer Prozess beschreiben (vgl. Iwanov & Tscheschew 1982, S. 48). Der technische Prozess ist irreversibel. Das bedeutet, dass die Ausgangsgrößen nicht wieder mittels menschlicher Tätigkeit und mit Hilfe der eingesetzten Hilfsmittel in die Eingangsgrößen zurückgeführt werden können. In der Regel sind menschliche Tätigkeiten zumindest ein Teil technischer Prozesse. Eine Ausnahme bilden vollautomatisierte Vorgänge, bei denen die menschliche Tätigkeit zeitweise entfallen kann (Henseler & Höpken 1996, S. 35).

4.2.3 Technische Handlungen und Methoden

Diskussionen über Technik bleiben nicht selten auf die Betrachtung oder Bewertung der materiellen Dimension fixiert. Die Erkenntnis, dass die komplexen menschlichen Handlungen, die der Herstellung und Verwendung technischer Sachsysteme dienen, zur Technik gezählt werden müssen, rückt oft erst dann ins Bewusstsein, wenn die eigenen Kenntnisse und Fertigkeiten den situativ notwendigen Handlungskompetenzen bei der Bedienung, Wartung oder Reparatur technischer Geräte nicht genügen. Jegliches Funktionieren eines technischen Systems setzt jedoch technisches Handeln voraus.

Bildungsgehalt technischer Handlungen: Technik entsteht aus einer Kombination unterschiedlichster zweckgebundener Handlungen und prädisponiert durch seine Funktionalität und Morphologie wiederum menschliches Handeln. Das poietische Wesen der Technik ist somit ein Grund, technische Handlungen zum Kern dieses Bildungsbereichs zu zählen (vgl. Meier & Jakupec 2010, S. 28).
Ihre pädagogische und didaktische Wirkung können technische Handlungen innerhalb des Bildungsbereichs in verschiedener Hinsicht entfalten: Als erzieherisches Element zur Ausbildung von „Arbeitstugenden“, als Ausgangspunkt für die Erfahrung individueller Wirksamkeit, als Anwendungsbereich allgemeiner und spezieller Problemlösefähigkeit, als Analyseobjekt für das Verständnis der Arbeitswelt, als Anlass für Reflexionen zur Verantwortungsethik und natürlich als modellhaftes methodisches Handlungsmuster für technische Erkenntnis- oder Gestaltungsprozesse.
Neben den zielorientierten Handlungen, wie sie in der Arbeitswelt unter festen Werkregeln, definierten Verhaltensmustern, vorgegebenen Algorithmen oder unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisse ablaufen, sind auch andere Formate bildungsbedeutsam. Bei experimentellen bzw. ergebnisoffenen Handlungsformen, für die besonders die Werkdidaktik wirbt, dominieren freies Werken und Formgestaltung und es geht um Erfahrungen im Umgang mit verschiedenen Werkstoffen, Werkzeugen sowie den eigenen Körperkräften (Groth 1968, S. 77). Ergebnisoffenheit ist zudem ein wichtiges Merkmal für Handlungszusammenhänge, die nicht schon eng auf konkrete ökonomisch-technische Zwecke abheben, sondern die Förderung von Kreativität zum Ziel haben. In der Regel wird in technischen Bildungsprozessen freilich eher die auf ein festes Endergebnis ausgerichtete Handlung dominieren.

Das Wesen technischer Handlungen: Unter Handeln soll zunächst ganz allgemein der zielgerichtete Teil menschlichen Verhaltens verstanden werden, der idealerweise auf der Grundlage von Zwecksetzungsautonomie, Mittelwahlrationalität und Folgenverantwortlichkeit basiert und den Bezugspersonen oder menschliche Gemeinschaften einem Individuum als Verdienst oder Verschulden zuschreiben. Unterschieden werden kann menschliches Handeln in

Sprachhandeln, Bewegungshandeln und in das produktbeabsichtigende poietische Handeln (Janich 2006, S. 34ff.). Nicht jedes auf Produkte, Zwecke oder Mittel abhebende oder auch als instrumentell zu bezeichnendes Handeln ist jedoch zwangsläufig auch technisch. Wie Peter Fischer (2004, S. 60) bemerkt, ist der Begriff des Instrumentellen weiter als der des Technischen. Um von technischen Handlungen zu sprechen, müssen seiner Meinung nach sowohl Mittel, Operationen als auch beabsichtigte Zwecke eindeutig technisch sein, und zwar der Lösung technischer Sachprobleme dienen. Damit scheidet Fischer beispielsweise die künstlerische Handlung von der technischen, weil dabei zwar durchaus technische Mittel zum Einsatz kommen können, die Zwecksetzung jedoch nicht technisch ist.
Aus technikwissenschaftlicher Sicht gibt es nach Armin Grunwald (2006, S. 59f.) im Wesentlichen drei Traditionen, um spezifisch technisches Handeln auszuzeichnen: (1) Technisches Handeln als Handeln im Rahmen der Zweck-Mittel-Rationalität. (2) Technisches Handeln als ein Handeln unter Verwendung von gegenständlicher Technik. (3) Technisches Handeln als das Handeln der Akteure, die mit der Herstellung oder dem Betrieb von (gegenständlicher) Technik bzw. den dafür erforderlichen Bedingungen befasst sind. Ausgehend davon definiert Grunwald (ebd., S. 60) technisches Handeln als „*dasjenige Handeln, das mit der Konzipierung, der Entwicklung, der Produktion, der Sicherstellung eines sicheren Betriebs bzw. einer sachgemäßen Nutzung (hierzu gehören z.B. Wartung und Instandhaltung, aber auch das Verfassen von Betriebsanleitungen) sowie der Entsorgung von technischen Artefakten zusammenhängt*“.
Detailliert geht auch Klaus Kornwachs (2015, S. 84) auf das Wesen technischer Handlungen ein und definiert sechs Merkmale, durch die eine technische Handlung gekennzeichnet ist:

1. Das handelnde Subjekt, das eine Handlung auch absichtlich unterlassen kann, nicht nur aus Gründen des Nichtkönnens,
2. Veränderungen der Eigenschaften eines Objekts durch das Subjekt (Eingriffe, Handlung im engeren Sinne), Objekte können dabei auch nicht-materiell sein (z. B. Programme),
3. Objekte, Zustandsänderungen und Prozesse, die an dieser Handlung beteiligt sind,
4. Instrumente (Hilfsmittel, die die Aktionsmöglichkeit menschlicher Handlungen übersteigen, erweitern und verstärken),
5. auf explizitem oder impliziten Wissen aufbauende Verfahren (Anordnungsregeln zur Abfolge von Teilhandlungen) und
6. die Nutzung der durch die Handlung hervorgerufenen Veränderungen, Objekte und Prozesse. Dabei sollte die Möglichkeit der Nutzung mit dem vorher definierbaren Ziel der Handlung korrespondieren.

Es ist ein Wesenszug des heute dominierenden wissenschaftlichen Weltbildes, dass sämtliche Erkenntnisobjekte und damit auch menschliche Handlungen analytisch in ihre kleinsten Einheiten zerlegt werden. Für die Erhöhung der Wirksamkeit der Technik sowie die Analyse ihres Entlastungs- aber auch Verdrängungspotenzials ist eine solche Analyse geradezu essentiell. Die Gestaltung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine, die Anpassung der Technik an den Menschen und auch die didaktische Planung und Gestaltung von Lernprozessen kann von einer solchen analytischen Durchdringung menschlicher Handlungen profitieren.[45]

Klassifizierungsmöglichkeiten technischer Handlungen: Für das Ziel, Ordnung in die Vielfalt technischer Handlungen zu bringen, existieren verschiedene Möglichkeiten. Ausgangspunkte für systematische Betrachtungen bieten u.a. folgende Aspekte: Soziotechnische Rahmenbedingungen, Stellung im Produktlebenszyklus, Beanspruchungscharakter, Problemdimension oder psychische Regulationserfordernisse der Handlungen.

[45] Eine Vorstellung davon, welchen Stellenwert die arbeitswissenschaftliche, soziologische und psychologische Analyse menschlicher Arbeit für die Erörterung didaktischer Fragen im Kontext technischer Bildung bereits in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts einnimmt, gewinnt man bei Werner Linke (1961, S. 54ff.).

Technische Handlungen unter speziellen sozioökonomischen und soziotechnischen Rahmenbedingungen

Technisches Handeln unterliegt gesellschaftlichen, rechtlichen, wirtschaftlichen, ökologischen Rahmenbedingungen und den Traditionen „guter technikwissenschaftlicher Praxis“ (Grunwald 2006a, S. 67f.). Wie eng technisches Handeln dabei jeweils an wirtschaftliches Handeln heranrückt, darauf weist beispielsweise Werner Linke (1961, S. 36ff.) mit seinem Versuch hin, wirtschaftliche und technische Kategorien für didaktische Zwecke herauszuarbeiten.

Die Zwecksetzung technischer Handlungen erfordert eine, an die jeweiligen Rahmenbedingungen angepasste Integration unterschiedlicher geistiger und körperlicher Aktionen. So sind die im Zuge einer technischen Handlung involvierten Arbeitsmittel, Arbeitsgegenstände oder organisatorischen Vorgaben immer von den Bestimmungsgrößen des jeweiligen Anwendungsfeldes abhängig. Im Bereich der Produktion werden technische Handlungen von der Aufbau- und Ablauforganisation, den eingesetzten Fertigungsverfahren, dem Technisierungsgrad, den daraus resultierenden Arbeitsbeziehungen zwischen Mensch und Maschine sowie der Art der Arbeitsteilung determiniert (vgl. Ropohl 1997). Deutlich wird dies – trotz verschiedener Überschneidungen – an der jeweiligen Charakteristik der Aufgaben, Prozesse und Methoden im handwerklichen, industriellen und (ingenieur-)wissenschaftlichen Bereich.

Technische Handlungen lassen sich demnach als Resultat der Anpassung von Objektseite (z.B. Werkzeuge, Maschinen oder Arbeitsgegenstände) und Subjektseite (Wirken der menschlichen Organe) verstehen. In dem Maße, wie sich die Objektstruktur – etwa durch technische Entwicklung – verändert, verändern sich auch die Einwirkungsmöglichkeiten des Menschen auf die Objektstrukturen (Iwanow & Tescheschew 1982, S. 33f.). Besonderes die Informations- und Kommunikationstechnik führt dazu, dass die von technischen Handlungen betroffenen Objektstrukturen nicht mehr unbedingt real sein müssen. Bearbeitet werden oftmals nur mehr digitale Repräsentationen.

Technische Handlungen in den Produktlebensphasen

Antizipation, Hervorbringung und Einsatz von Technik setzen stets ein wohlüberlegtes, zielstrebiges Handeln aus einer Vielzahl an Optionen voraus. Welche Option dabei ausgewählt wird, ist nicht in erster Linie von wissenschaftlichen Erkenntnissen, sondern vom Effizienzkalkül und der Erfahrung abhängig, welche Lösung sich am besten bewährt hat (vgl. Kornwachs 2012, S. 54).

Tab. 4.4: Technische Handlungen in den Produktlebensphasen (Henseler & Höpken 1996, S. 34)

Entstehung von Bedürfnissen	z.B. Wecken, Lenken, Manipulieren, Bewerten von Bedürfnissen
Konstruieren	z.B. Planen, Analysieren, Suchen und Bewerten von Lösungen, Auswählen, Entwerfen, Ausarbeiten
Produzieren	z.B. Beschaffen, Organisieren, Herstellen, Zurückgreifen auf genormte Teile, Zusammenbauen, Kontrollieren
Verteilen	z.B. Organisieren, Verpacken, Lagern, Transportieren, Verkaufen
Verwenden	z.B. Montieren, Bedienen, Überprüfen der Funktion, Prüfen der Sicherheit, Warten, Reinigen, Reparieren
Außerbetriebnehmen	z.B. Demontieren, Verschrotten, Lagern, Rückführen in den Produktionsprozess

Die Zweckrationalität folgt zumeist betriebswirtschaftlichen Zwängen und Abläufen. Verdeutlichen lässt sich das am „Produktlebenszyklus“. Von der Entstehung bis zur Beseitigung technischer Produkte erweist dieser sich als zielgerichtete Abfolge technischer Handlungen (Henseler & Höpken 1996, S. 34).
In den einzelnen Phasen bestehen spezielle Ablauf- und Organisationsschemata, die sich bereits bewährt haben und zumeist nur um den Preis des Misserfolgs verändert werden können. Menschliche Handlungen lassen sich demnach als technisch bezeichnen, wenn sie direkt oder indirekt der Antizipation, Planung, Herstellung, Verwendung, Außerbetriebnahme technischer Artefakte bzw. Sachsysteme dienen. Die einzelnen Produktlebensphasen bezeichnen Klassen von Handlungen oder auch Methoden, deren gemeinsames Merkmal in ihrem Beitrag zur Realisierung der jeweiligen Phase liegt (s. Tabelle 4.4).

Beanspruchungsrichtungen technischer Handlungen
Technische Handlungen sind Aktionen an, mit und für die Technik. Sie stellen an den Menschen geistige und körperliche Anforderungen und lassen sich grundsätzlich in zwei Richtungen scheiden: Mechanisch-motorische Handlungen beanspruchen den Menschen durch den Muskeleinsatz überwiegend energetisch. Handlungen mit informatorischem Charakter stellen an den Menschen vorwiegend intellektuelle Anforderungen.
Mechanisch-motorische Formen weisen einen instrumentellen Charakter auf, weil es dabei zu einem Zusammenspiel menschlicher Organe mit Werkzeugen, Gegenständen oder umfangreichen Sachsystemen kommt. Handlungen mit informatorischem Charakter besitzen dagegen eher einen dispositiv-kreativen Charakter. Zu diesem Handlungstypus lassen sich beispielsweise der technische Entwurf, das strategische Vorgehen in Projekten oder das technische Problemlösen zählen. In den meisten Fällen formieren sich technische Handlungen freilich zwischen diesen Polen, besitzen also sowohl eine energetische, als auch informatorische Seite.
Innerhalb der Arbeitswissenschaft, die sich mit der systematischen Analyse, Ordnung und Gestaltung von Arbeitsprozessen beschäftigt, wird daher zwischen vorwiegend mechanischen, motorischen, reaktiven, kombinativen oder kreativen Arbeitsformen unterschieden (Rohmert 1983, S. 25).

Technisches Handeln als Problemlösen
Die bei der Arbeit mit, an oder für die Technik jeweils gebotene Handlungsstruktur erweist sich nicht immer als unmittelbar zu durchlaufende Handlungskette. Oft können Ziele nicht direkt realisiert werden, sondern müssen als Probleme behandelt und iterativ gelöst werden. Das setzt eine Planungsphase voraus, bei der nicht direkt die Problemlösung, sondern zunächst die Ermöglichung der Problemlösung durchdacht werden muss (Grunwald 2006a, S. 61). Bevor die eigentliche Problemlösung angegangen werden kann, ist in vielen Fällen eine vorausgehende Bereitstellung von Mitteln und Verfahren sowie die Aneignung von Wissen und Kompetenz erforderlich (ebd., S. 62).
Technische Problemlösekompetenz ist sowohl im Beruf als auch im privaten Bereich eine bedeutsame Ressource (vgl. Stemmann 2018). So können zum Beispiel außerhalb von Arbeit und Beruf Konstruktionsprobleme auftreten. Etwa, wenn in den „eigenen vier Wänden“ etwas um- oder neugebaut werden soll. Öfter noch dürften im privaten Bereich allerdings die Fehlersuche, die Störungsbeseitigung oder einfach der Umgang mit neuen Geräten und Funktionen vorkommen. Hinzu kommen technische Bewertungsprobleme. Sie können entweder aus anstehenden Konsumentscheidungen resultieren oder ihre Ursache in technikinduzierten gesellschaftlichen und ökologischen Problemen haben.
Stemmann und Lang (2014, S. 87f.) unterscheiden auf der Grundlage einer von Jonassen (2000) entwickelten, nicht technikspezifischen Kategorisierung folgende Problemtypen: Entscheidungen treffen, Störungsbeseitigung, Technik nutzen, Technik bewerten, Technik konstruieren (vgl. Tabelle 4.5).

Tab. 4.5: Problemtypen zur Dimensionierung allgemeiner technischer Problemlösekompetenz (Stemmann & Lang 2014, S. 88)

Originalbezeichnung (bei Jonassen 2000)	Bezeichnung im Konstrukt allgemeiner technischer Problemlösekompetenz	Exemplarisches Beispiel
Decision Making (Entscheidungen treffen)	Entscheidungen treffen	Wahl beim Kauf eines Monitors
Trouble-Shooting (Störungsbeseitigung)	Störungsbeseitigung	Warum druckt der Drucker nicht?
Diagnosis Solution (Diagnose/Systemanalyse)	Technik nutzen	Wie kann die Sommerzeit in einer Heizungssteuerung eingestellt werden?
Case-Analysis (Fallanalyse)	Technik bewerten	Wahl einer Energieform für ein Einfamilienhaus, die sowohl ökonomische als auch ökologische Aspekte berücksichtigt.
Design (Gestaltung/Konstruktion)	Technik konstruieren	Konstruktion einer (Gestaltung/Konstruktion) Wandhalterung für Fahrräder

Die aufgeführten technischen Problemtypen verweisen auf die Qualität der jeweils erforderlichen Problemlösestrategien. Für die Realisierung von Konstruktions- oder auch Projektierungstätigkeiten beispielsweise sind Anleihen aus operativen Theorien zweckdienlich, wie sie die Ingenieurwissenschaften bereitstellen (vgl. Lossack 2006, S. 126). Problemlösestrategien für die Störungsbeseitigung oder Techniknutzung können auf Kenntnissen über ideale Arbeitsabläufe gründen, die im Facharbeiterbereich anzutreffen sind (vgl. Fischer 2000; Jenewein 2002; Röben & Stuber 2005). Wie andere Problemtypen zeichnen sich technikbezogene Bewertungsprobleme durch eine offene Ausgangssituation aus. Impulse für entsprechende Problemlösestrategien finden sich u.a. in der Betriebswirtschaftslehre (vgl. Wöhe & Döring 2002, S. 120ff.). Die Vorgehensweise bei einem Entscheidungsproblem erfordert eine Informationsfindung, eine Informationsstrukturierung mit einer Bündelung zu Entscheidungskriterien und Entscheidungsalternativen und eine anschließende Bewertung der Alternativen.

Technisches Handeln als psychische Regulationsstrukturen

Unabhängig davon, ob Handlungsketten oder Handlungen eher einen energetischen oder eher einen informatorischen Charakter aufweisen, stets sind zu ihrem Ablauf handlungsleitende innere Programme erforderlich (vgl. Hacker 1998, S. 67ff.). Diese systematisch zu erfassen, haben sich die Protagonisten der Handlungsregulationstheorie zum Ziel gesetzt. Die Prozesse innerhalb des handelnden Subjekts, die der Formung und Steuerung von Handlungen dienen, werden hierbei als psychische Regulationen bezeichnet (vgl. Volpert 1997, S. 453). Einzelne Handlungen sind im Zusammenhang größerer Handlungsstränge zu sehen und lassen sich in Ziele und Teilziele untergliedern, die gedanklich vorweggenommen werden und als „innere Abbilder“ vorliegen müssen. Diese psychischen Regulationsstrukturen steuern und regeln die „äußeren Tätigkeitsabläufe“. Die Ziele menschlichen Handelns stehen in einem Unter- und Oberordnungsverhältnis. Die aus der Hierarchie der Ziele abgeleiteten Handlungen werden sequentiell abgearbeitet. Handlungen sind damit insgesamt hierarchisch-sequentiell organisiert.

Beschreibt man allgemein die Qualität der Handlungsregulationen lassen sich Ebenen menschlichen Handelns festlegen. Winfried Hacker (1998, S. 239ff.) unterscheidet beispielsweise drei Ebenen der Handlungsvorbereitung. Auf der Ebene der automatisierten Vorbereitung kann zwischen bewusstseinspflichtigen, bewegungsorientierenden Abbildern sowie nicht bewusstseinspflichtigen Abbildern von Handlungen unterschieden werden, die bei Bedarf abgerufen werden bzw. zum Einsatz kommen. Auf der perzeptiv-begrifflichen Ebene dominieren wahrnehmungs- und wissensgebundene Urteils- und Klassifikationsvorgänge, die die Informationsintegration und -bewertung nach gespeicherten Regeln miteinschließen. Auf der Ebene der intellektuellen Vorbereitung werden solche Handlungen und Tätigkeiten verortet, die der denkenden Analyse und Synthese bedürfen.

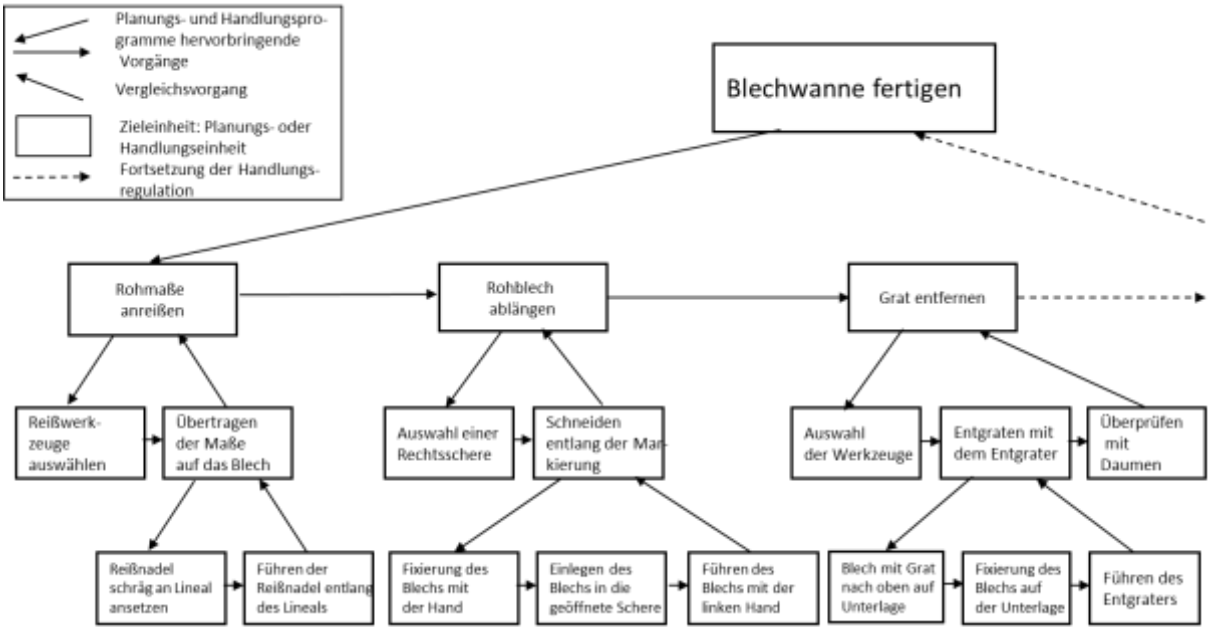

Abb. 4.11: Hierarchisch-sequentielle Organisation einer Ausbildungsaufgabe (vgl. Schelten 2002)

Den Ebenen der Handlungsvorbereitung lassen sich spezifische Formen der Handlungsrealisierung zuweisen (ebd. S. 242). Dazu zählen Bewegungsentwürfe bzw. kognitive Routinen, Handlungsschemata, Pläne, Strategien und heuristische Prozeduren. In Anlehnung an die Theorie können die verschiedenen Ebenen menschlichen Handelns auch grafisch verdeutlicht werden. Die Abbildung 4.11 zeigt einen Ausschnitt aus einer Handlungsregulation für eine Arbeitsaufgabe aus dem Bereich Feinblechbautechnik. Die Rechtecke beschreiben jeweils die Planungs- oder Handlungseinheiten, die das Ergebnis von in Pfeilen dargestellten Transformationen sind. Das Fertigungsziel im dargestellten Beispiel ist die Erstellung einer Blechwanne. Nach der Theorie lässt sich das Ziel in verschiedene sinnvolle Teilziele zerlegen. Für die Ausführung der Teiltätigkeiten müssen einzelne Handlungsprogramme geistig erprobt und anschließend ausgewählt werden. Auf der untersten Ebene findet eine Abfolge von Bewegungsprogrammen statt, die nicht unbedingt geistig durchgespielt werden müssen.
Die Handlungsregulationstheorie gilt in der Arbeits- und Berufspädagogik als sinnvolles Modell, an dem sich Voraussetzungen und Qualität beruflicher Lernvorgänge erschließen lassen. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass eine wirksam ausgeführte Arbeitstätigkeit auf eine umfassende kognitive Durchdringung und verstandesmäßig Erfassung der Arbeitstätigkeit hindeutet (vgl. Schelten 2005, S. 19f.). Für didaktische Überlegungen bietet die Theorie dann ver-

schiedene Ansatzpunkte. So lassen sich beispielsweise bestimmte berufliche Tätigkeiten modellhaft systematisieren. Damit ergeben sich einerseits Hinweise bezüglich der Qualität der Arbeitshandlung und andererseits bezüglich der Bedingungen, unter welchen die Arbeitstätigkeit erlernt werden kann. Für eine Performance der Tätigkeit sind die entsprechenden Regulationsstrukturen aufzubauen. Dazu zählen Regulationen für die Vorbereitung und Ausführung der Tätigkeit.

4.2.4 Technikgeschichte

Bildungsgehalt der Technikgeschichte: Mensch und Technik sind unzertrennlich miteinander verbunden. Der Mensch entwickelt die Technik, aber diese wiederum entwickelt die Menschheit. Das ist im Kern das Lernpotenzial, das die Beschäftigung mit der Technikgeschichte ermöglicht. Im Fokus stehen dabei häufig historische Gebrauchs- oder Kunstgegenstände sowie architektonische Zeugnisse. Sie nötigen dem Betrachter oftmals deswegen Bewunderung ab, weil das zu Ihrer Entstehung erforderliche Wissen und Können in der Entstehungszeit nicht vermutet wird. Technische Erfindungen und Entwicklungen erweisen sich so als beeindruckende Zeugen für die „*Lebendigkeit des menschlichen Geistes*“ (Wessels 1969, S. 100).
Die Bildungsbedeutsamkeit dieser Artefakte liegt jedoch nicht so sehr im Wissen um ihre chronologische Einordnung – besonders da zwischen Zeitpunkt der Erfindung und tatsächlicher Verwertung große Zeitspannen liegen können (vgl. Ortega y Gasset 1956, S. 76f.). Aufschlussreicher ist vielmehr die Rückführung eines technischen Artefakts in den ursprünglichen soziokulturellen Entstehungs-, Verwendungs- und Wirkungszusammenhang. Denn Technik kann als Objektivation sozialer Strukturen und Prozesse verstanden werden – und Gesellschaft als Konstrukt technischer Substanz (Ropohl 1988, S. 95). Somit gilt es, eine Verbindung herzustellen, zwischen den sichtbaren Eigenschaften des Artefaktes und den in ihm angereicherten unsichtbaren kontextuellen und kulturellen Bedingungen. Mit einer solchen Rückschau kann kultureller Wandel aufgeklärt und ggf. ein besseres Verständnis für die technische Gegenwart gewonnen werden.
Die Analyse technischer Exponate führt beispielsweise zum Verständnis, dass technische Entwicklung über lange Zeit auf Erfahrung und Zufall baute und nicht auf der planmäßigen Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Sowohl für die Qualität der Objekte als auch für die Umstände der Arbeitsbedingungen zu ihrer Entstehung spielt dies jedoch nicht immer eine entscheidende Rolle. Licht und Schatten liegen bei der handwerklichen, wie der auf wissenschaftlichen Kriterien beruhenden industriellen Technik eng beieinander. Mumford (1977, S. 487ff.) zeigt dies am binären Wesen für die über Jahrhunderte vorherrschende handwerkliche Arbeit auf: Unmenschliche Arbeitsbedingungen wie zum Beispiel in Bergwerken auf der einen und eine heute kaum mehr vorstellbare Hingabe an die Arbeit bei der Herstellung feinmechanischer Geräte, Schmuck oder Waffen auf der anderen Seite. Ununterbrochene Routine in Webereien oder beim Teppichknüpfen auf der einen und technische Phantasie und Kühnheit bei geistlichen und weltlichen Bauwerken auf der anderen Seite. Handwerklich hergestellte Artefakte sind Belege für die geistige Vorstellungskraft, die Ausdauer und die Fähigkeit des Menschen, auf Zufall und Beschränkung zu reagieren (vgl. Sennett 2008). Der historische Fokus auf das Handwerk verdeutlicht einerseits, welche evolutionäre Kraft im oft behelfsmäßigen Zustand der zeitgenössischen Technik steckt, andererseits, dass sich übermäßige fachliche Spezialisierung und soziale Abgrenzung auch als Schwächen erweisen können. Dem Wettbewerb mit Manufakturen und Maschinen sowie der Komplexität technischer Aufgaben war die handwerklich organisierte Arbeit nur teilweise gewachsen.
Die Ablösung der „Polytechnik“ durch die „Monotechnik“, wie Mumford (1977, S. 511) die auf Wissenschaft und quantitativer Produktion beruhende frühe Industrialisierung bezeichnet, bedeutete jedoch nicht automatisch Fortschritt – zumindest nicht in allen Bereichen: Neben die

Wirtschaftsexpansion tritt die Umweltzerstörung, neben die Kapitalakkumulation das Arbeiterelend und neben den materiellen Überfluss die militärischen Möglichkeiten. Die Trennung zwischen Kopf und Hand führte zur Herauslösung der Technikentwicklung aus dem unmittelbaren Lebens- und Arbeitszusammenhang der Menschen. Das bedeutete auf der einen Seite für viele einen Schwund an technischer Mitgestaltungsfähigkeit, auf der anderen Seite eine Konzentration des Sachverstandes bei einer wissenschaftlich-technischen Elite (vgl. Schudy 1999, S. 51). Dies alles geben historische Artefakte und Maschinen freilich nicht von sich aus preis. Die Fixierung auf einzelne (Museums-)objekte kann den Blick auf die verschlungenen Pfade der Technikgenese sogar verstellen. Das ist etwa dann der Fall, wenn der Eindruck entsteht, dass es zwischen Problemstellung und technischer Lösung eine stringente Entwicklung gibt, oder wenn Exponate zu eng am Genius einzelner Personen aufgehängt werden (Groth 1995, S. 82f.). Für die technikgeschichtliche Analyse von Objekten und Systemen braucht es in jedem Fall Kontextinformationen und Leitfragen. Grundsätzlich lässt sich fragen, durch welche Prozesse eine technische Entwicklung in Gang gesetzt wurde bzw. durch welche sozialen oder kulturellen Faktoren eine technische Entwicklung erst möglich gemacht wurde. Weitere Fragen könnten u.a. sein: Warum setzten sich einzelne technische Neuerungen durch und andere nicht? Welche Auswirkungen hatten Entwicklungen auf die technologische Praxis, die innergesellschaftliche Balance oder die zwischenstaatlichen Wirtschaftsbeziehungen? Welche Rolle spielten Fehlschläge und Unvollkommenheit bei der Technikgenese?
Potenzial für das Verständnis der Technik liegt zudem in der Beschäftigung mit der Frage, ob es eine Eigengesetzlichkeit der technischen Entwicklung gibt, oder ob nicht vielmehr wirtschaftliche Interessen den Ausschlag für ihre Dynamik geben (Ropohl 2004. S. 63).

Determinanten technischer Entwicklungen: Um den Triebkräften der technischen Entwicklung nachzuspüren, können einzelne Aspekte oder Kategorien hilfreich sein. Anthropologisch lässt sich die technische Entwicklung zum Beispiel als fortgesetztes Streben deuten, die eigenen menschlichen Beschränkungen zu überwinden (vgl. Gehlen 1950). Ein anderer Ansatz ist es, wie Karl Marx die technische Entwicklung an der Ausgestaltung der Produktionsbeziehungen festzumachen (vgl. Schudy 1999, S. 48ff.). Realistischer erscheinen Ansätze, die die Entwicklung von Kultur und Zivilisation ganzheitlich in den Blick nehmen. Ian Morris (2011) etwa greift bei der Frage nach der generellen Dynamik gesellschaftlicher Entwicklung auf biologische, soziologische und geografische Erkenntnisse zurück. Seiner Meinung nach gibt die Biologie Aufschluss darüber, warum Menschen als intelligente Wesen die gesellschaftliche Entwicklung überhaupt vorantreiben. Die Soziologie zeigt, wie sie das tun – etwa in der organisierten Gemeinschaft mit anderen, in Städten, Staaten oder sogar Weltreichen. Die Geografie wiederum macht erklärbar, warum einzelne Regionen die Entwicklung anführen. Morris bemisst das jeweilige Entwicklungsniveau anhand von vier Faktoren: Energieausbeute (Fähigkeit, Energie aus Pflanzen und Tieren zu ziehen), politisch-soziale Organisation, militärisches Potential sowie Informationstechniken (Lesen, Schreiben, Rechnen). Nach diesem Ansatz mussten die westlichen Gesellschaften neue Techniken und Normen deswegen entwickeln, weil sich durch die Entdeckung der transatlantischen Gebiete ihr geopolitischer Einflussraum ausgedehnt hatte. Renaissance, Aufklärung und wissenschaftliche Revolution sind dann nicht die Ursachen, sondern die Folgen fortschreitender gesellschaftlicher Entwicklung.
Betrachtet man die Entwicklung im Rahmen größerer Zeitabschnitte, wird deutlich, dass die Abfolge technischer Errungenschaften nicht durchweg linear verläuft, sondern von den jeweiligen Naturgegebenheiten, den verfügbaren technischen Möglichkeiten, den gesellschaftlichen, politischen, sozialen Verhältnissen sowie auch – über lange Zeit – von der religiösen oder geistesgeschichtlichen Entwicklung abhängig ist (s. Abb. 4.12). Zudem ragen in der Technikgeschichte immer wieder einzelne Personen durch eindrucksvolle Erfindungen, Visionen oder wissenschaftliche Leistungen heraus. Zwar lassen sich spätere Errungenschaften von den frühe-

ren in kohärenten Entwicklungslinien ableiten, was auf eine methodische Reihenfolge der Konstruktionsschritte hindeutet. Allerdings besteht durchaus die Möglichkeit, dass sich dies alles im Kopf eines einzigen Genies abspielt. Andererseits kam und kommt es immer wieder zu Umdeutungen bereits erfolgreich verwendeter Mittel zum Zweck neuer Anwendungen. Dies erklärt die Kontingenz genauso, wie die Unvorhersagbarkeit technischer Entwicklungen (Janich 2006, S. 152).

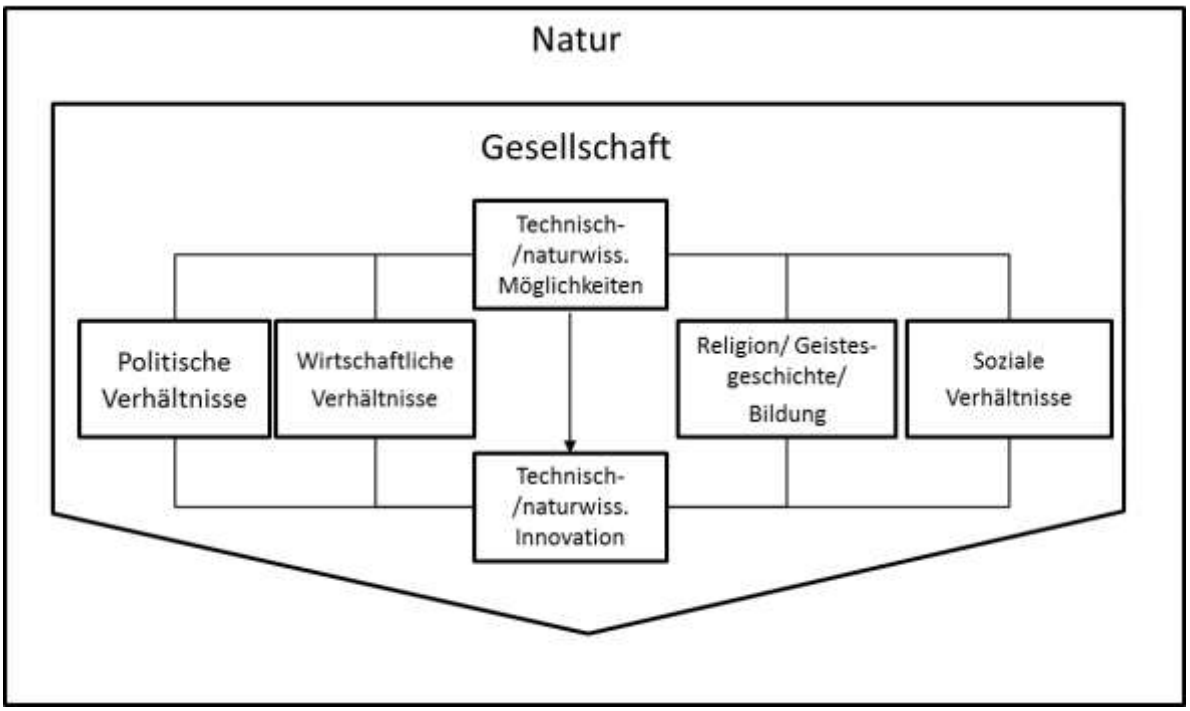

Abb. 4.12: Determinierende Faktoren technischer Entwicklung

4.2.5 Technikbewertung

Bildungswert der Technikbewertung: Mit einem Motiv aus der griechischen Mythologie, nämlich der Büchse der Pandora, soll dieser Abschnitt eingeleitet werden. Pandora öffnet gegen die ausdrückliche Anweisung von Göttervater Zeus eine Büchse. Aus dieser können Laster und Untugenden entweichen und Unheil über die Menschen ausbreiten. Der amerikanische Soziologe Richard Sennet (2008, S. 10) sieht in dieser Geschichte einen Beleg für die Reflexion des Menschen über sein eigenes Wesen: Die vom Menschen gemachten Dinge, in denen die Kultur gründet, bergen die ständige Gefahr der Selbstschädigung. Wer sich dessen bewusst ist, muss das eigene Handeln immer wieder überdenken und gegebenenfalls neu ausrichten. Dies setzt eine Art von Metakognition voraus, die sich für den hier betrachteten Bereich mit verschiedenen Begrifflichkeiten beschreiben lässt: Technikbewertung, Technikfolgenabschätzung, Technikwirkungsforschung oder Technology Assessment (Jobst 1995, S. 105).
In der vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 1991 vorgelegten Norm 3780 „Technikbewertung –- Begriffe und Grundlagen", wird Technikbewertung genau definiert. Nach dieser Richtlinie bedeutet Technikbewertung das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das den Stand einer Technik und ihrer Entwicklungsmöglichkeiten analysiert, unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt, aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert, Handlungs- und Ge-

staltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet, so dass begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebene durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.

Die Ziele der Technikbewertung bzw. Technikfolgenabschätzung haben Parallelen zu allgemeinen didaktischen Intentionen. So zeigt sich beispielsweise eine eindeutige Schnittmenge mit den von Wolfgang Klafki fokussierten Schlüsselproblemen. Über die gemeinsamen Anliegen genauer nachzudenken, lohnt sich möglicherweise sowohl für die Konstitution technikdidaktisch orientierter Bildungsprozesse als auch für die Ausgestaltung von Technikbewertungsvorhaben. Für den Bereich der Technikdidaktik, weil die Methodologie der Technikfolgenabschätzung Anregungen zur Weiterentwicklung des methodischen Repertoires technischer Bildung liefern kann, für Technikbewertungsvorhaben, weil sie so als Anliegen öffentlicher Bildung betrachtet werden können (vgl. Beecroft & Dusseldorp 2009). Für Klaus Tuchel (1967, S. 78) ist das Durchdenken der Technik in ihren Voraussetzungen und Folgen eine notwendige Vorbedingung für Nähe und Distanz, letztlich für einen bestimmten Standpunkt zur Technik. Ein solcher wiederum ist die Basis für eine Partizipation an gesellschaftlich-politischen Entscheidungsprozessen über Innovationen und technische Entwicklungen (vgl. Dutz, Meiners & Reich 2012, S. 180).

Technikbewertung ist jedoch nicht ausschließlich auf die politisch-gesellschaftliche Dimension zu beschränken. Auch aus individueller Perspektive lohnt ein distanziert-bewertender Blick, etwa um Glücksversprechen, Nutzen, Gebrauchswert, Design, Ästhetik oder sogar Moralität der Technik im Vorfeld von Konsumentscheidungen unter die Lupe zu nehmen. Es ist gut möglich, dass eine solche, auf den engeren Lebens- und Erfahrungskreis von Kindern und Jugendlichen bezogene Bewertung von Technik eine gute Vorbereitung für die Analyse von Technikfolgen im größeren Maßstab darstellt. Letztlich geht es sowohl individuell als auch gesellschaftlich um eine Abwägung verschiedener Optionen oder Lösungen, um einen Standpunkt sowie um die Frage, was einem die Technik wert ist bzw. was und wie viel man davon verantworten kann. Das Wissen um Kriterien, Verfahren und Methoden der Technikbewertung erweist sich als unersetzliches Element technischer Bildung.

Klare Einstellungen zur Technik sind freilich auch mit anerkannten wissenschaftlichen Technikbewertungsverfahren nicht zu erwarten. Die Gründe dafür liegen vor allem in der Komplexität und Ambivalenz der Technik. Immer kann es vorkommen, dass Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge nicht eindeutig definierbar sind, Verantwortlichkeiten nur teilweise klar zugewiesen werden können oder sich bestehende Wertehorizonte als veränderlich erweisen. Ein Beispiel dafür, welchen Fragenhorizont einzelne Technologien aufwerfen können, bietet aktuell das autonom fahrende Auto, das in absehbarer Zeit wohl zur Marktreife gelangt: Welche Situation ergibt sich aus einem Unfall? Wer haftet dann? Der Besitzer, der Hersteller oder der Programmierer?

Unsicherheiten begleiten vor allem auch die Beurteilung komplexer Großtechnologien, da hier die Verkettung einzelner, für sich allein genommen harmloser Einzelereignisse zu unvorhergesehenen Folgen führen kann. Aber selbst für die Bewertung von scheinbar einfachen Konsumgütern fehlt oftmals die Übersicht. Aufgrund dieser Komplexität darf Technikbewertung als schulisches Anliegen auch nicht überfordert werden. Eine technikinduzierte Problematik bewusst zu durchdringen, zu diskutieren und in letzter Konsequenz Verantwortung dafür zu übernehmen, zählt jedoch zu den grundlegenden Zielen einer umfassenden Technischen Bildung (vgl. Gehring & Richter 2018, S. 33f.). Dass die damit verbundenen Bewertungsprozesse aber nur selten ein konkretes und einstimmig getragenes Ergebnis aufweisen, ist etwas, was Schülerinnen und Schüler ebenfalls erkennen sollten (vgl. Dutz, Meiners & Reich 2012, S. 182).

Die Gründe für die mit der Technikbewertung verbundenen Probleme sowie Ansatzpunkte zu ihrer Lösung werden nachfolgend etwas ausführlicher thematisiert.

Technik und ihr janusköpfiges Wesen: Technik lässt sich selten allein für einen vorher genau definierten Zweck verwenden. Zwar wird Technik „relativ zu Zielen und Zwecken entwickelt" und damit für eine bestimmte Zukunft gedacht. Allerdings zeichnen sich manche Anwendungsmöglichkeiten und Zwecke erst ab, wenn die Technik bereits im Gebrauch ist. Denn sobald Technik „*in gesellschaftliche Nutzungskontexte entlassen wird, finden Adaptions- und Enkulturationsprozesse statt*" (Grunwald 2007, S. 76). Klaus Kornwachs (2015, S. 142) sieht sich daher veranlasst, Technik als Herstellung von Mitteln für freigehaltene Zwecke zu bezeichnen. Einfacher ausgedrückt bedeutet dies, dass die vorhandenen Mittel immer auch neue Zwecke bestimmen und damit die technische Entwicklung am Laufen halten. Der naturwissenschaftlich-technische Fortschritt lässt demnach keine eindeutige Perspektive zu. Viel zu vielschichtig sind die Kräfte, die er entfaltet: „*Er radikalisiert durch seine Konsequenzen die Probleme der Gesellschaft, in der wir leben. Er schafft Wohlstand und kann soziale Ungleichheiten stützen. Er sichert den Menschen vor den Naturgewalten und bedroht den Menschen durch Zerstörung der Natur. Er schafft Vorbedingungen der Freiheit und stabilisiert Herrschaften. Er steigert die Zerstörungskraft des Kriegs, nötigt uns dadurch zu einer radikalen Forderung der Überwindung des Kriegs, und bietet als Mittel dazu zunächst eine Ordnung, die die Gefahr größter Tyrannis enthält*" (von Weizsäcker 1980, S. 46). Es ist die Ambivalenz der Technik, die eine besondere Verantwortung einfordert. Mit dieser Feststellung wird allerdings noch kein Problem gelöst, sondern ein neuer Komplex an Fragestellungen eröffnet.

Das Problem mit der Verantwortung für die Technik fängt bereits bei ihren Voraussetzungen an – bei Wissenschaft und Forschung: Hier stellt sich beispielsweise die Frage, ob es eine, von ihren Ergebnissen und deren Verwendung aus betrachtete zweckfreie Grundlagenwissenschaft gibt oder ob aus der Zustimmung zur Grundlagenforschung immer auch eine Zustimmung zu den späteren Anwendungsmöglichkeiten resultiert. Noch deutlicher, als bei den wissenschaftlichen Voraussetzungen der Technik tritt die ethisch problematische Ambivalenz bei den eigentlichen Zwecken der Technik zu Tage. Sie zeigt oft schon im Ansatz eine Wertpolarität.

Technik erweist sich damit als janusköpfiges Wesen, wie Wilhelm Ebert (1995, S. 153) am Beispiel der Kernspaltung bemerkt. Während die Kernenergie nämlich einerseits aufgrund der schier unerschöpflichen Energie-Ressourcen vollkommenen Fortschritt verheißt, weist die Entwicklung der Atombombe andererseits bedrohend in eine Zukunft unabsehbarer Gefahren.

Der Mensch kann sich also nicht einfach aus der Verantwortung stehlen. Selbst dann nicht, wenn die mit der Technik verbundenen Gefahren zunächst nicht offensichtlich sind. Das Handeln des Menschen ist ja stets auf bestimmte Zwecke gerichtet und soll mit bestimmten Mitteln realisiert werden. Die Mittel, so Robert Spaemann (1980, S. 181.) sind demnach gewollt, also Unterzwecke. Aber es kommt immer zu Nebenwirkungen, die nicht gewusst, gewollt und herbeigeführt aber doch in Kauf genommen werden. Auch die heute so dominierende Informations- und Kommunikationstechnik hat zwei Gesichter: Zwar erweitert sie den Handlungsspielraum des Menschen, gleichzeitig bedroht sie aber auch seine Identität, etwa durch den Abbau an Privatheit (vgl. Hubig & Jelden 1994, S. 29). Generell scheint es wohl so, dass technische Innovationen immer sowohl Gewinner als auch Verlierer zur Folge haben (Grunwald 2002, S. 34).

Grundlage für die Technikbewertung – die Bewertung der Initialhandlung und ihrer Folgen: Will man sich dem Komplex aus Verantwortlichkeit und Wertgebundenheit weiter annähern, ist es zweckmäßig, sich daran zu erinnern, dass Technik Artefakte oder Sachsysteme umfasst, die im Gegensatz zu künstlerischen Artefakten nie zweckfrei sind. Sie sind stets das Ergebnis eines zielgerichteten, antizipierten Entstehungsprozesses. Ein zweiter Aspekt, der bei Fragen nach einer möglichen Wertfreiheit der Technik helfen kann, wird beispielsweise von Bernward Joerges (1988) als Handlungsanschluss definiert und meint, dass technische Geräte allein durch ihre Konstruktion menschliche Handlungen bereits determinieren.

Stellt man sich Technik als Ergebnis und determinierende Voraussetzung menschlicher Handlungen vor, so kann man – wenngleich auch Bedenken gegen diese Position vorzutragen sind – zunächst unterstellen, dass den schöpferischen Handlungen bewusste Entscheidungen zugrunde gelegen haben bzw. liegen. Christoph Hubig (1993a, S. 52) dokumentiert anhand der Fülle solcher Entscheidungssituationen mögliche Entscheidungsgrundlagen. Danach kann es sich von Fall zu Fall beispielsweise um naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge, bestimmte Normen und Regelsysteme, Patentvorgaben, Resultate der Gesetzgebung und Rechtsprechung, ethische Grundsätze sowie um die Kenntnis möglicher Nebenfolgen handeln.
Ein ethischer Grundsatz lautet, dass der Wert eines Resultates einer Handlung den Wert der Handlung selbst bestimmt. Dieser gegenseitige Bezug setzt den Wert einer Handlung mit dem des Ergebnisses gleich und führt dazu, die die Technik auslösende Entscheidung bzw. Handlung über die Folgen zu bewerten. Das kann wiederum nur anhand der im Augenblick des Schöpfungsaktes geltenden und als verbindlich angenommenen Werte erfolgen. Aus diesem Wertezusammenhang resultiert Verantwortung. Technische Handlungen müssen demnach ethischen Prinzipien folgen und Entscheidungen an Werten festgemacht werden. Technische Handlungen sind nach Ansicht von Philosophen daher nur dann verantwortbar, wenn

- deren absehbare Folgen nicht irreversibel sind, also zukünftigen Generationen die Möglichkeit einräumt, über sich selbst zu bestimmen;
- sichergestellt wird, dass alle zurzeit möglichen Anstrengungen zur Abklärung noch unbekannter Nebenfolgen unternommen worden sind;
- deren absehbare und einstweilen noch unbekannte Folgen stets nicht nur auf die nationale, sondern auch auf die internationale Population bezogen wurde (Detzer 1989, S. 44).

Unter Berücksichtigung eines stringenten Verantwortungszusammenhangs von Wissen und Werten, Entscheidungen und daraus resultierenden Handlungen ließe sich somit Technik als gut oder schlecht taxieren. Ganz so einfach ist es freilich im Einzelfall dann doch nicht – was u.a. etwas mit der Reichweite der herangezogenen Werte zu tun hat.

Werte für die Beurteilung von Technik: Werte bieten grundsätzliche Orientierung für das Handeln. Sie besitzen allerdings einen subjektiven Charakter und können innerhalb einer Gesellschaft differieren und sich zudem als zeitlich veränderlich erweisen.

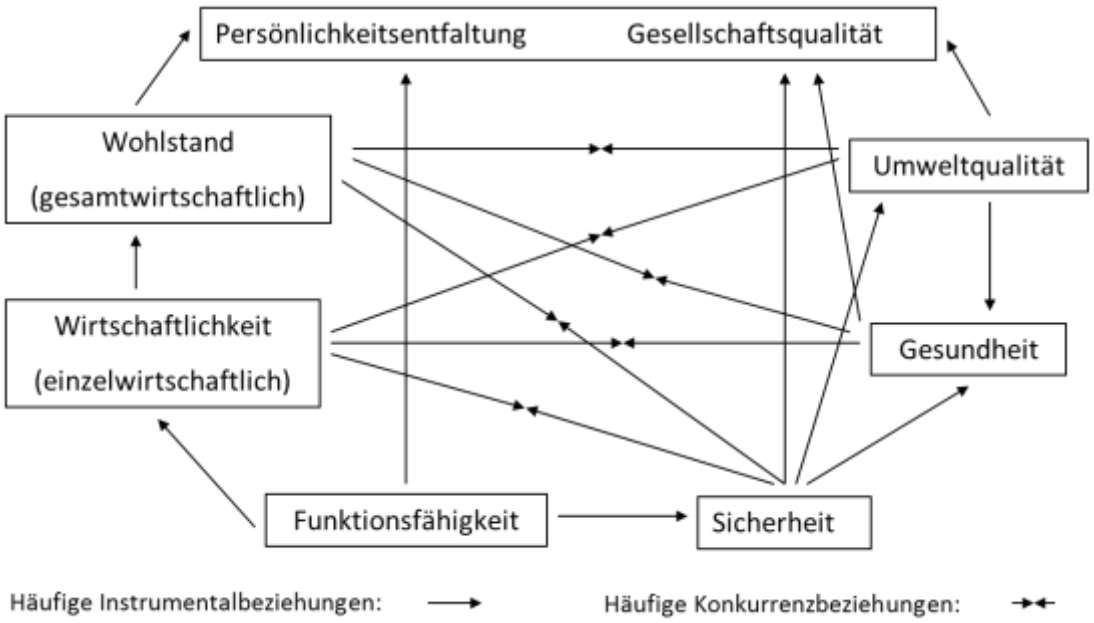

Abb. 4.13: Werte im technischen Handeln (VDI 3780)

Selbst wenn der Handlung eine nach unseren heutigen Maßstäben – ethische Wertorientierung zugrunde liegt – lässt die Ambivalenz technisch-naturwissenschaftlicher Entscheidungen eindeutige und beständige Werturteile nicht immer zu.
Hinzu kommt das Problem des Tropfens auf dem heißen Stein, auf das Peter Fischer (2004, S. 186) hinweist. Wenn bestimmte Technologien oder Systeme grundsätzlich gesellschaftlich legitimiert sind, dann scheint der Einzelne immer schon entschuldigt, wenn er im Horizont der vorgegebenen Institution und des etablierten Systems denkt. Bei fehlenden, gesellschaftlich akzeptierten Alternativen bleibt der gute Wille letztlich machtlos. Der einzige Ausweg scheint der zu sein, Handlungen im Kontext der Technik an solchen ethischen Maximen zu orientieren, deren Wertgrundlagen einem breiten gesellschaftlichen Diskurs entwachsen sind und die die Folgen von Technik immer verantwortlich mit bedenken.
Die Abbildung 4.13 („Werteoktogon"), die der VDI-Richtlinie „Technikbewertung" entnommen ist, zeigt acht solche Grundwerte, die die Basis für technisches Handeln bilden können. Grundsätzliches Ziel des technischen Handelns soll es demnach sein, die menschlichen Lebensmöglichkeiten zu sichern und zu verbessern (VDI 1991, S. 7).
Zwischen den einzelnen Werten bestehen Bedingungszusammenhänge und Konkurrenzverhältnisse. Sie werden jeweils durch die verschiedenen Pfeile ausgedrückt. So besteht beispielsweise ein Zusammenhang zwischen der Funktionsfähigkeit eines technischen Produktes und seiner Wirtschaftlichkeit. Die Wirtschaftlichkeit in einzelnen Bereichen begründet wiederum den gesamtwirtschaftlichen Wohlstand. Konfliktpotential kann beispielsweise zwischen der Wirtschaftlichkeit eines Produktes und der Berücksichtigung der Umweltqualität auftreten.

Technikbewertung als planmäßiges Vorgehen: Nicht unerheblich für das Ergebnis einer Technikbewertung sind Anlass und Zeitpunkt ihrer Durchführung (vgl. Kornwachs & Meyer 1995, S. 119; Ropohl 1993, S. 262ff.). So macht es einen Unterschied, ob man beispielsweise eine bereits vorhandene Technologie allein im Hinblick auf die Lösung eines technischen Problems oder aber im Hinblick auf gesellschaftliche Probleme, Auswirkungen, Chancen oder Risiken bewerten will. Nach dem Anlass kann so zwischen einer technikinduzierten, einer problemorientierten oder auch einer projektinduzierten Bewertung unterschieden werden. Nach dem Zeitpunkt der Bewertung können im Wesentlichen die vorausschauend innovative, die eine technische Entwicklung begleitend reaktive oder die erst nach Ablauf bzw. Außerbetriebnahme eines technischen Systems stattfindende retrospektive Technikbewertung unterschieden werden (s. Abb. 4.14).

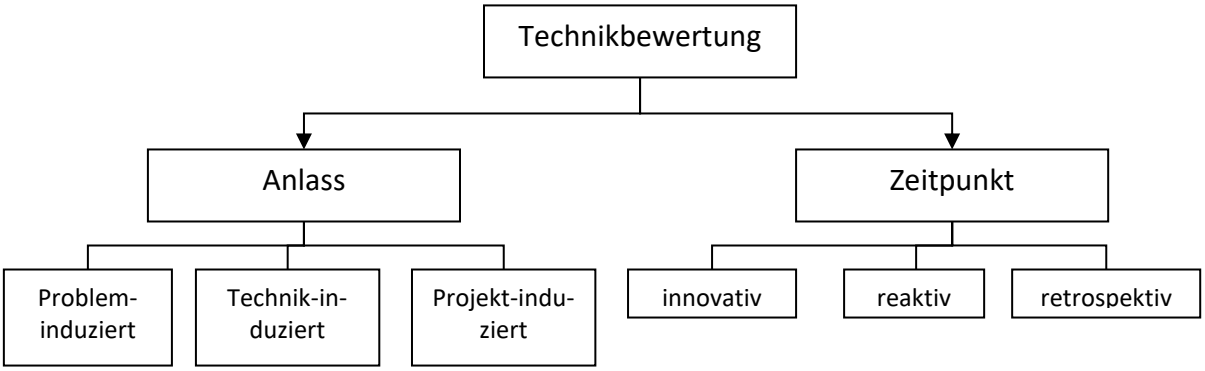

Abb. 4.14: Typen der Technikbewertung

4.3 Bedingungen der Erkenntnisgewinnung aus pädagogischer Sicht

Der Begriff Erkenntnis lässt eine Deutung in zwei Richtungen zu. Zum einen kann man darunter einen Prozess verstehen, zum anderen einen Zustand. Wenn das Ziel von Lernvorgängen Erkenntnis ist, lässt sich der Prozess, um dieses Ziel zu erreichen, am ehesten mit Erkenntnistätigkeit umschreiben. Ganz allgemein formuliert, kann Erkenntnistätigkeit dann als Aneignungsvorgang bezeichnet werden, bei dem sich ein Subjekt eines zu erkennenden realen Objekts oder Inhalts bemächtigt. Stets sind für diesen Lernvorgang verschiedene Erkenntnisschritte zu absolvieren (vgl. Kornwachs 2015, S. 40).
Abgesehen vom radikalen Konstruktivismus, der eine durch äußere Impulse geleitete Übersetzung der Wirklichkeit in das individuelle Gedächtnisgebäude unter Verweis auf die Eigendynamik von Wahrnehmung und Gedächtnisleistung negiert, wird der Erkenntnisvorgang nicht nur in der Pädagogik sondern auch in der (methodischen) Philosophie, der soziologisch orientierten Ethnomethodologie und auch in der Psychologie als konstruktive, sinnstiftende Tätigkeit aufgefasst, die effektiv im Rahmen allgemeiner und besonderer, subjektiver und intersubjektiv geteilter Methoden erfolgt (vgl. Parmentier 1983, S. 252). Aufgabe pädagogischer und didaktischer Forschungen ist es, sich der Methoden und Bedingungen zu versichern, die eine individuelle Aneignung und Sinngebung von Bildungsinhalten ermöglichen und sie für die Bildungszwecke dienstbar zu machen.
Im Mittelpunkt dieses Abschnittes steht die Frage, welche grundsätzlichen Aspekte oder Prinzipien der Aneignungsvorgang aus pädagogischer Sicht berücksichtigen sollte. Ausgeklammert bleiben dabei an dieser Stelle die engen Bezüge, die eine pädagogische Argumentation zur Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie aufweisen muss. Aus Richtung der Wissenschafts- und Erkenntnistheorie lässt sich die Vermittlung von Lerninhalten mit der Bestimmung des für die Erkenntnis der Sache methodisch Vorauszusetzenden begründen (Gruschka 2009, S. 35). Sie werden im Abschnitt 5 näher behandelt. Hier soll jedoch danach gefahndet werden, unter welchen Bedingungen Subjekt und Objekt besser für einander aufgeschlossen werden können und welche Aufgaben dem pädagogisch-didaktischen Handeln daraus erwachsen.
Im Gegensatz zu Wissenschafts- und Erkenntnistheorie steht hier also nicht so sehr die Passung zwischen Methode und aufzuschließendem Objekt im Mittelpunkt, sondern zwischen dem lernenden Individuum mit seinen Bedürfnissen und dem anzueignenden Objekt.

Förderung der Erkenntnistätigkeit als pädagogischer Auftrag: Obgleich in den modernen Erziehungswissenschaften das Subjekt als selbstständiger Konstrukteur seiner Erkenntnisse betrachtet wird, gehört die Begleitung oder Anleitung durch eine Lehr- oder Erziehungsperson zum pädagogischen Selbstverständnis (vgl. Kron 2009, S. 172ff.).
Das Lehrpersonal bereitet den Kontext für den Erkenntnisprozess, greift ordnend und strukturierend dem Vorgang der Sinnkonstruktion vor, führt den Lerner an unterschiedliche Eindrücke heran, schafft eine sinnstiftende Interaktions- und Kommunikationsbasis und bietet verschiedene Möglichkeiten zur gedanklichen Rekonstruktion und Anwendung der Erfahrungen an. Die pädagogische Verantwortung liegt dabei darin, *„dem Motivationsbewusstsein des Educandus von seiner Begegnung mit der Sache her positive Zwecksetzungen und Beweggründe zu erschließen und damit dem Ziel seiner individuellen Selbstverwirklichung näherzubringen*“ (Derbolav 1966, S. 143). Dazu bedarf es beim Lerner der Initiierung nachhaltiger Lernakte. Zu diesen zählen etwa das Suchen, Sammeln, Strukturieren und Organisieren von Inhalten, die Bezugnahme auf bereits Erlebtes oder das Präsentieren vor anderen. Erfolgversprechend sind auch das Kommunizieren mit anderen, eine selbstständige Kontrolle des eigenen Lernstandes und die Anwendung und Übertragung neuen Wissens auf verschiedene Problemsituationen (vgl. Sacher 2006, S. 37ff.).

Die Aufgabe, Lerner und Lerngegenstand näher aufeinander zuzubewegen, konzentriert sich dabei grundsätzlich auf zwei Punkte. Auf die Konstitution der Lernsituation bzw. Lernumgebung und auf den Inhalt, der unter Umständen überhaupt erst erfassbar gemacht werden muss.

4.3.1 Gestaltung der Lernumgebung und Lernsituation

Vorbereitung und Vorwissen aktivieren: Jeder Lernvorgang stützt sich auf bereits erworbenes Wissen, das gegebenenfalls umstrukturiert und erweitert wird. Die Realisierung von Bildungs- oder Lernzielen sowie die Arbeit mit Inhalten ist daher als sequenzieller oder gestufter didaktisch-methodischer Prozess anzulegen, dem bereits vorhandene bereichsspezifische Kenntnisse, heuristische Strategien, spezielle Handlungsregulationen oder auch Lernstrategien für den weiteren Lernfortschritt dienstbar gemacht werden müssen. Da bei unterschiedlichen Voraussetzungen der am Lernprozess Beteiligten unterschiedliche Lernleistungen zu erwarten sind, ist zu Beginn einer Lerneinheit das Vorwissen zu überprüfen und ggf. auf denselben Stand zu bringen. Im Falle einer von der lernenden Person empfundenen Unvereinbarkeit zwischen vorhandenem individuellen Wissen und gegebener Aufgabenstellung muss die Lernumgebung bzw. Lernsituation eine möglichst selbstständige Aneignung von Informationen und Problemlösungsstrategien erlauben.

Lernförderliche Bedingungen schaffen: Aus pädagogischer Sicht ist die Gestaltung der Lernumgebung nicht ausschließlich als kognitives oder epistemisches Problem zu sehen. Mit Forderungen nach einer „lernförderlichen Atmosphäre“ oder einem angemessenen „Lernklima“, das durch Entfaltungsspielraum und gegenseitige Wertschätzung gekennzeichnet ist, wird zum Ausdruck gebracht, dass die soziale aber auch die physische Lernumwelt für die Reifung von Erkenntnissen und Erfahrungen von entscheidender Bedeutung sind.
Hilbert Meyer (2004), der in seinem Buch „Was ist guter Unterricht“ aus verschiedenen Untersuchungen der Lehr-/Lernforschung 10 Kriterien extrahiert, nennt neben einem lernförderlichen Klima, die sinnstiftende Kommunikation, die individuelle Förderung und eine entsprechend vorbereitete Umgebung. Kersten Reich (2012, S. 276) weist darauf hin, dass bei der Wahl der Lernmethoden die Beziehungen des Lehrenden zu den Lernenden als auch der Lernenden untereinander eine wichtige Rolle spielen. Lernmethoden müssten daher die Methoden- und Sozialkompetenz der Lerner nutzen und weiterentwickeln, systemisch auf die kommunikativen Beziehungen der Lerner eingehen (z.B. auf intersubjektive Einstellungen, Erwartungen, Konflikte, Ressourcen, Lösungen) und besonderes die Teamfähigkeit unterstützen.
Erkenntnis und Kreativität können – das zeigen pädagogische Ansätze zum handelnden Lernen ebenso wie Programme zur Förderung von Innovation und Erfindungsreichtum in Unternehmen – neben günstigen sozialen Rahmenbedingungen auch durch die Bereitstellung einer adäquaten sächlichen Ausstattung gefördert werden. Ein unkomplizierter Zugang zu Labor-, Projekträumen oder Werkstätten ist hier beispielsweise zu nennen. Die Möglichkeit, um zu experimentieren, etwas auszuprobieren und zu realisieren, gilt vielen als Attribut fortschrittlicher Schulen oder innovativer Unternehmen. Zur Schaffung lernförderlicher Bedingungen zählen sowohl organisatorische Vorbereitungen als auch die (technische) Implementierung der Lernumgebung. Räume, Zeiten und technische Ausstattungen müssen auf den geplanten Verwendungszweck hin überprüft, technische Systeme, Devices, Apps ggf. installiert oder Medien und Möbel arrangiert werden.
Während die eher psychologisch akzentuierten Untersuchungen und Studien aus der Lehr-/Lernforschung einzelne Hinweise auf zuträgliche Lernbedingungen liefern, bleibt es eine pädagogische Aufgabe, diese zu bündeln und in konkrete Lehr-/Lernformate bzw. in ein adäquates Instruktionsdesign zu überführen.

Instruktion versus Konstruktion? Konkrete Überlegungen und Modelle, die sich der Gestaltung von Lehr-/Lernsituationen oder deren Qualität zuwenden, werden innerhalb der Lehr-/Lernforschung üblicherweise auf zwei Grundmodelle zurückgeführt: Einerseits die direkte Instruktion, mit einem eher lehrerzentrierten oder gänzlich auf Frontalunterricht setzenden Charakter, andererseits der offene Unterricht, der als ziel-, inhalts- und methodendifferenzierter Unterricht konzipiert werden kann und einen hohen Anteil an Projekt-, Gruppen- und Freiarbeit aufweist (Meyer 2004, S. 8). Bei den innerhalb der Pädagogik oft etwas geringschätzig unter dem Begriff Instruktion zusammengefassten und stark auf die Lehrperson bezogenen Lehr-/Lernverfahren wird moniert, dass sie den konstruktivistischen Realitäten des Wissensaufbaus nicht in dem Maße gerecht werden würden, wie dies durch offene Unterrichtsformen gegeben sei. Dass den individuellen Dispositionen des Lernenden in den heute diskutierten Instruktionsmodellen oder -methoden – zumindest in der Theorie – ungleich mehr Beachtung zukommt, als dies beispielsweise bei den kybernetischen Ansätzen der Lehr-/Lernsteuerung der Fall war, trägt jedoch mit zur „Versöhnung" von Instruktion und Konstruktion bei. Überhaupt zeichnet sich bisher kein klarer Vorteil eines der beiden grundlegenden Konzepte ab. Hilbert Meyer (2004, S. 81), der verschiedene Forschungsergebnisse im Hinblick auf eine mögliche Präferenz der einen oder der anderen Seite gesichtet hat, zieht folgendes vorsichtiges Fazit: „*Direkte Instruktion ist ein wenig erfolgreicher im Blick auf die Wissensaneignung und fachliches Lernen. Offener Unterricht ist ein wenig erfolgreicher im Blick auf die Vermittlung von Methoden- und Sozialkompetenz.*"
Mit dieser schon fast als salomonisch zu bezeichnenden Einschätzung kann auch der Praktiker im Bereich technischer Bildung bestens auskommen, lehrt doch die Erfahrung, dass die fachliche Vorbereitung oder Vermittlung technischer Grundlagen oft eher straff organisiert werden muss, wohingegen Konstruktions-, Fertigungs- oder Technikbewertungsaufgaben ein größeres Maß an Freiheit bedingen. Instruktion und Konstruktion sollten also nicht als unvereinbare Paradigmen, sondern als komplementäre Ansätze gesehen werden, die für die Gestaltung jeglicher Lernumgebung bzw. Lernsituation in ein ausgewogenes Verhältnis gebracht werden müssen (vgl. Lang & Pätzold 2002, S. 57f.). Vor dem Hintergrund der in diesem Buch vorgetragenen Bedeutung von Methoden als Lerninhalte, soll das Augenmerk freilich eher auf solche Lernsituationen und -umgebungen gerichtet werden, bei denen der Lerner die Beobachterperspektive zugunsten einer Beteiligungsperspektive eintauscht. Das Ausmaß an Eigenaktivität beim Erkenntnisvorgang lässt sich hierbei unterschiedlich justieren, was anhand verschiedener Lernkonzepte aufgezeigt werden soll: Dem entdeckenden Lernen, dem handlungsorientierten Lernen, dem selbstgesteuerten Lernen und dem Lernen im Rahmen eines Meister-Lehrlingsverhältnisses.

Erkenntnistätigkeit im Rahmen des entdeckenden Lernens: Das entdeckende Lernen bzw. der entdeckende Unterricht wird auch in Zusammenhang mit schülerorientiertem, schülergesteuertem und schülerzentriertem Unterricht genannt. Konzeptionell basiert entdeckender Unterricht auf zwei Säulen: Einmal den lernpsychologischen Grundlagen von Bruner (1981) und andererseits den schülerorientierten Konzepten der Reformpädagogik. In den lernpsychologischen Begründungen des entdeckenden Lernens stecken verschiedene Annahmen. Beispielsweise, dass das entdeckende Lernen motivierend ist und Selbstvertrauen erzeugt, dass das so Gelernte langfristig im Gedächtnis behalten wird oder dass entdeckendes Lernen die Aneignung von Problemlösungstechniken und damit auch den Aufbau von Kreativität unterstützt.
Entdeckendes Lernen ist eng verbunden mit allen Unterrichtsformen, die die Schülerselbsttätigkeit in den Vordergrund rücken. Gekennzeichnet ist der entdeckende Unterricht daher durch eine starke Aktivität der Schülerinnen und Schüler. Lehrende sollen sich weitgehend zurückhalten. Idealerweise teilen die Lernenden die Arbeiten untereinander auf, arbeiten zusammen, teilen Beobachtungen mit und bestimmen damit zum Teil die Lernziele selbst. „*Entscheidend ist, dass beim entdeckenden Lernen der Lernende in einem kreativen Akt über das Vermittelte*

bzw. bisher Bekannte oder Erfahrene hinaus zu neuem, erweitertem Wissen gelangt. Gleichwohl bleibt entdeckendes Lernen ein individuelles Nach-Entdecken bereits vorliegenden Wissens. Dabei wird nicht nur neues Wissen, werden nicht nur neue Fähigkeiten via Entdeckung erworben, sondern auf einer darüber liegenden Ebene auch ein Wissen entwickelt, wie man in offenen, problemhaltigen Situationen mit seinem vorhandenen Wissen, mit seinen vorliegenden Fähigkeiten umgehen kann" (Terhart 2000, S. 149). Damit eine Lernsituation oder Lernumgebung allen Lernenden gleichermaßen gerecht wird, sind eindimensionale Pfade zu vermeiden. Durch die Ausstattung von Lernumgebungen mit unterschiedlichen Medien (*mixed-media learning environments*), die verschiedene Eintritts- und Ausdrucksmöglichkeiten zulassen, kann dieser Forderung zumindest teilweise entsprochen werden (Blikstein 2008, S. 220).

Handlungsorientierung – Einheit von Denken und Handeln: Zusätzlich zum entdeckenden Lernen gilt die Handlungsorientierung nun schon seit mehreren Jahrzehnten als adäquates Mittel, lehrerdominierte oder vorwiegend frontal gestaltete Unterrichtsformen zu überwinden. Die Definition von Hilbert Meyer (1987 b, S. 402), die Lehramtsstudierenden der letzten 30 Jahre wohl bekannt sein dürfte, lautet: „*Handlungsorientierter Unterricht ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer und dem Schüler vereinbarten Handlungsprodukte die Organisation des Unterrichtsprozesses leiten, so dass Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können.*" Handlungsorientierte Unterrichtskonzepte lassen sich mehr oder weniger schlüssig aus verschiedenen Richtungen rechtfertigen (vgl. Jank & Meyer 2003, S. 321 ff.). Entwicklungspsychologische und lerntheoretische Theorien beispielsweise betonen die Bedeutung des handelnden Umgangs mit der Umwelt für den Aufbau von Wissensrepräsentationen (s. dazu Piaget, Ausubel, Bruner u.a.). Denken und Handeln, so die Grundthese, bedingen sich gegenseitig. Dies gilt insbesondere für Kinder und Jugendliche, für die Denken oftmals noch kein Handlungsersatz ist, da sie entweder noch nicht die Fähigkeit zu autonom ablaufenden mentalen Prozessen besitzen oder einfach das dazu notwendige Wissen noch nicht vorhanden ist. Handeln ist in diesem Fall eine notwendige Voraussetzung für Denken, Denken wiederum die Grundlage für das Handeln. Auch der Konstruktivismus unterstützt die Handlungsorientierung insoweit, als er feststellt, dass Wissen nicht von außen injiziert werden kann, sondern dass dieses vielmehr vom Subjekt selbstständig konstruiert werden muss (vgl. Gudjons 1999, S. 46f.). Eine Begründung für praxisnahes, handlungsorientiertes Lernen lässt sich zudem an den Eigenheiten der Technik selbst festmachen. Ihr dinglicher Charakter öffnet der Erkenntnis einen ganzheitlichen Zugang mit vielerlei sinnlichen Rückbezügen. Die gute Gestalt, die gute Lösung oder Konstruktion – oft wird erst im handelnden Umgang mit der Technik Charakter und Qualität einzelner Details oder ganzer Systeme erfahrbar.
Handlungsorientierung lässt sich außerdem sozialisationstheoretisch mit den Eigenarten der Lebens- und Erfahrungswelt heutiger Schülerinnen und Schüler rechtfertigen (vgl. Flitner 2001, S.205ff.). Die Verlängerung der Jugendphase, die Medienwelten sowie der Mangel an konkreten Erfahrungen vieler Kinder und Jugendlicher gelten in diesem Zusammenhang als Hürden, die es durch ganzheitliche Lernprozesse auszugleichen gilt. Ohne Zweifel sind gerade für das Verständnis der Technik das „bewirkende Tun" und der „Umgang mit der technischen Gegenständlichkeit" wichtige Voraussetzungen (Linke 1961, S. 48). Über das Ziel der Produktorientierung soll die Handlungsorientierung eine Verbindung zwischen Unterricht und Gesellschaft schaffen, durch die Herstellung von Gebrauchswerten ein „Lernen im Medium gesellschaftlicher Praxis" ermöglichen (Schudy 1999, S. 104).
Zum entdeckenden Lernen steht das handlungsorientierte Lernen insofern in einem „geschwisterlichen Verhältnis", als dass es auch hier nicht vorrangig um die Performance bereits verinnerlichter Verhaltensweisen geht, sondern um die intellektuell anspruchsvollere selbstständige Erarbeitung von Wissensbestandteilen, Regeln oder um das Lösen von Problemen. Handlungsorientierung muss demnach ein Hinzulernen ermöglichen und darf sich nicht auf das Abspulen

von Algorithmen oder Automatismen beschränken. Dieser Anspruch auf der kognitiven Ebene verpflichtet handlungsorientierte Methoden sowohl was die Tätigkeits-, als auch die Denkstruktur anbelangt.
Nicht verschwiegen werden soll in diesem Zusammenhang, dass technische Bildungsprozesse in Schule und Unterricht hier mitunter in einen Zwiespalt geraten. Dann nämlich, wenn entschieden werden muss, ob der Kreativität freie Entfaltung zugestanden werden soll und damit nur funktionell eingeschränkte Lösungen akzeptiert werden oder ob ein nicht unerheblicher Teil der Unterrichtszeit auf die systematische Schulung technischer Fertigkeiten verwendet werden soll.

Selbstgesteuertes Lernen: Vollständig wird die Liste der Bedingungen, unter denen Lernen aus pädagogischer Sicht stattfinden soll, nur mit dem Etikett Selbststeuerung. Verbunden damit ist die Vorstellung von einer selbstständigen Planung, Organisation und Aneignung von Wissen. Zudem meint der Begriff die autonome Festlegung von Zielen, Inhalten oder Themen. Konrad und Traub (1999, S. 13) schlagen folgende Definition für das selbstgesteuerte Lernen vor: „*Selbstgesteuertes Lernen ist eine Form des Lernens, bei der die Person in Abhängigkeit von der Art ihrer Lernmotivation selbstbestimmt eine oder mehrere Selbststeuerungsmaßnahmen (kognitiver, volitionaler oder verhaltensmäßiger Art) ergreift und den Fortgang des Lernprozesses selbst (metakognitiv) überwacht, reguliert und bewertet*.“ Die Idee des Selbstorganisierten Lernens ist seit Mitte der achtziger Jahre in verschiedenen Bildungsbereichen verbreitet: In der beruflichen Aus- und Weiterbildung, im Managementtraining oder in der gewerkschaftlichen Bildungsarbeit. Besonders in der Erwachsenen- und betrieblichen Bildung wird das selbstorganisierte bzw. selbstgesteuerte Lernen als *conditio sine qua non* gesehen, da Freiraum und Autonomie als notwendige Lernbedingungen der Zielgruppen gelten (vgl. Siebert 2000, S. 103ff.). Auch außerhalb dieses Bildungsbereichs wird selbstgesteuertes Lernen eingefordert, etwa von Personal- und Organisationsentwicklern, die die „Lernende Organisation“ propagieren, oder von Politikern, die von der Notwendigkeit „lebenslangen Lernens“ sprechen. In einem engen Zusammenhang zum selbstgesteuerten Lernen ist das Schlagwort von der Wissensgesellschaft zu sehen. Das wachsende Interesse an eigenständig initiierten und kontrollierten Lernprozessen wird insgesamt mit den technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen begründet. Selbstgesteuertes Lernen lässt sich zusammenfassend daher gleichermaßen als Lernbedingung und als Lernziel sehen.
Eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen Fremd- und Selbststeuerung des Lernens ist allerdings nur zu analytischen Zwecken sinnvoll und bedarf der genauen Betrachtung der speziellen Lernsituation. Darauf weisen Schiefele und Pekrun (1996, S. 250) hin und betonen, dass die Möglichkeiten zur Selbststeuerung beim Lernen im Unterricht naturgemäß andere sind als in der Einzelsituation. Aus pädagogischer Sicht interessieren hier vor allem die Bedingungen, die das Pendel der „Lernsteuerung“ zugunsten des Lerners ausschlagen lassen. Friedrich und Mandl (1997, S. 252) unterscheiden in diesem Zusammenhang grundsätzlich zwei Strategien zur Förderung des selbstgesteuerten Lernens. Zum einen die Vermittlung der diese Prozesse fördernden Techniken und Strategien im Sinne eines Lernstrategietrainings (direkte Förderung). Sie werden später behandelt. Die zweite Strategie setzt an der bewussten Gestaltung der Lernumgebung im Sinne eines auf Eigeninitiative und Selbstreflexion angelegten Instruktionsdesigns an. Eine solche didaktisch-methodische Ausrichtung stützt sich auf offene Arbeitsformen und handlungsorientierte Methoden, die die Lernenden zu selbstständiger Arbeit ermuntern und dafür unterschiedliche Hilfen zur Verfügung stellen.
Arnold (2006, S. 364f.) sieht aus betriebs- und berufspädagogischer Perspektive generell ein Defizit bei Methoden, die selbstorganisiertes lebendiges Lernen ermöglichen. Eine entsprechende Qualität weisen seiner Meinung nach nur das Planspiel, das Projekt, die Leittextmethode, die kombinierte Unterweisung, die Juniorenfirma, der Lernstatt-Ansatz, künstlerische Übungen sowie die leitfragenorientierte Gruppenarbeit auf. Diesen Methoden gesteht er zu,

dass hier nicht mehr das lehrergeführte Lernen im Vordergrund steht, sondern eine „subsidiäre Führung“, die ausgehend vom Vertrauen in die individuellen Kräfte der Lernenden und ihren methodischen und sozialen Fähigkeiten nur dort eingreift, wo diese aus eigener Kraft nicht weiterkommen.

Erkenntnistätigkeit im Rahmen eines Meister-Lehrlingsverhältnisses: Ein im technischen Bereich erprobtes Format, Erkenntnisse und Erfahrungen im Rahmen einer Lern- und Arbeitsgemeinschaft aufzubauen, ist das des Meister-Lehrlingsverhältnisses. Innerhalb dieser im deutschen Sprachraum auch als Beistelllehre titulierten Ausbildungsform können verschiedene pädagogisch motivierte Vermittlungstechniken oder Lernhilfen zum Einsatz kommen. Sie werden im folgenden Abschnitt bei den Lernhilfen näher thematisiert, während hier vorrangig die Prinzipien aufgezeigt werden sollen, die während des Aneignungsprozess gelten sollten. Die Amerikaner Collins, Brown und Newman (1989) setzen sich im Rahmen ihres Instruktionsmodells „*Cognitive Apprenticeship*“ mit dem besonderen Verhältnis zwischen Meister und Lehrling auseinander und schlagen eine Übertragung der Merkmale auf das Verhältnis zwischen Lehrer und Schüler vor. *Der cognitive apprenticeship* Ansatz, ursprünglich für die Förderung von Textverständnis, Schreiben und Mathematik konzipiert, wendet sich vier Dimensionen zu: Inhalte, Methoden, Sequenzierung der Inhalte und Gestaltung des sozio-kulturellen Kontextes. Für die Gestaltung der Lernumgebung werden folgende elementare Merkmale genannt: Lernen soll anwendungsbezogen, lebensweltlich orientiert und selbstgesteuert sein (situiertes Lernen, *situated learning*). Lernsituationen sollen so ausgestaltet werden, dass der Lernende erlebt, wie Experten denken und kommunizieren um dadurch selbst in eine Expertenkultur hineinzuwachsen (*culture of expert practice*). Das Konzept setzt demnach stark auf intrinsische Motivation (*intrinsic motivation*). Beim kooperativen Austausch in der Gruppe sollen Kenntnisse und Methoden ausgetauscht und dadurch allen zugänglich gemacht werden (*exploiting cooperation*). Wenn verschiedene Lerner die gleichen Aufgaben bearbeiten und anschließend die Ergebnisse verglichen und diskutiert werden, kann des Weiteren ein lernförderlicher Wettbewerbscharakter entstehen (*exploiting competition*).

4.3.2 Erkenntnisförderung durch Anpassung der Inhalte

Erkenntnis als Ergebnis der Erkenntnistätigkeit ist dann gegeben, wenn das Individuum sich des Wesentlichen eines Sachverhalts bewusstgeworden ist, es also bewusst als wahr bzw. bedeutsam anerkannt hat. Erkenntnis kann sich des Weiteren auch durch wiederholtes Erleben einstellen, dann entweder ebenfalls als bewusst reflektierte oder unbewusst aufgenommene Erfahrung. Im Rahmen der Erkenntnistätigkeit muss das lernende Subjekt die anzueignenden Sachverhalte erfassen, ihrer also habhaft werden und sie dann als Abbilder in die Gedächtnisstrukturen einordnen. Den Lehr-/Lernmethoden kommt in diesem Prozess der Erkenntnisgewinnung die Funktion einer Art Geburtshilfe zu (*Mäeutik*, griechisch für Hebammenkunst). Um dieser Rolle gerecht zu werden, müssen Methoden den Zugriff auf die zu erkennenden Sachverhalte steuern – unter anderem durch die Art und Weise der Inhaltsstrukturierung oder -präsentation.
Aus der Perspektive des Lehrpersonals geht es bei der Strukturierung, Sequenzierung oder Dokumentation von Inhalten um die Vorbereitung von Lernwegen für die Schülerinnen und Schüler. Eine solche von außen gesteuerte Festlegung der Inhaltsbegegnung kann als Lehren bezeichnet werden. Aus kognitionspsychologischer Sicht ist jedoch auch eine „Bearbeitung der Inhalte“ seitens der Zielgruppe anzustreben. Das bedeutet, dass die Lerner ganz gezielt auch selbst Inhalte auswählen, vereinfachen und ordnen sollten. Der Vollzug dieser Lernakte kann dann mit Lernen bezeichnet werden. Für das was Hilbert Meyer (2004, S. 55ff.) „inhaltliche Klarheit“ nennt, ist freilich letztendlich das Lehrpersonal zuständig (vgl. Hüttner 2018, S. 148).

Diesem Ziel gilt es durch Strukturierung der Inhalte, durch Elementarisierung, Didaktische Reduktion sowie gegebenenfalls durch die Differenzierung von Lernzielen und Lerninhalten zuzuarbeiten.

Strukturierung und Sequenzierung von Lernangeboten und -inhalten: Sowohl die Überlegungen zur kognitiven Repräsentation von Wissen in Form von Netzwerken oder Schemata als auch die kognitivistischen Lerntheorien unterstützen die Annahme, dass geordnetes, gegliedertes und bedeutsames Wissen leichter aufgenommen und besser behalten wird. Nach Gagné bildet das geordnete begriffliche Lernen die Voraussetzung, um neue Probleme zu erfassen und zu lösen. Folgt man diesen Überlegungen, darf die strukturelle und zeitliche Organisation von Lernangeboten und Inhalten nicht dem Zufall überlassen werden. Nach Lipsmeier (2000, S. 57 ff.) können acht verschiedene Arten der Strukturierung von Inhalten unterschieden werden: Die kategoriale Strukturierung in Anlehnung an das Konzept der „kategorialen Bildung“ nach Klafki; die exemplarische Strukturierung mit den Unterscheidungen zwischen dem Elementaren, dem Fundamentalen und dem Exemplarischen; die epochale Strukturierung, bei der die geschlossene, ganzheitliche Betrachtung einzelner Themen im Vordergrund steht; die methodengemäße Strukturierung, beispielsweise die projektförmige oder fallorientierte Strukturierung, bei der die Methode selbst mit zum Inhalt wird; die strukturgittermäßige Strukturierung nach Blankertz, mit der komplexe Gegenstandsfelder aufgeschlossen werden sollen; die für die Curriculumarbeit im berufsbildenden Bereich bedeutsame lernfeldorientierte Strukturierung, bei der thematische Einheiten entlang beruflicher Aufgabenstellungen oder Handlungsabläufe gebildet werden; zuletzt die chaotische oder zufällige Strukturierung. Weiter wäre dieser Aufzählung noch die Strukturierung aus der Sache selbst anzufügen, die gemein mit Fachsystematik umschrieben wird. Michael Kerres (2001, S. 195 ff.) zählt ebenfalls verschiedene grundsätzliche Möglichkeiten der Sequenzierung von Lernangeboten auf:

- Die Sequenzierung nach der Ordnung der Dinge: Die Präsentation der Lerninhalte richtet sich hier nach der räumlichen, zeitlichen, physikalischen oder chronologischen Reihenfolge oder Struktur.
- Die Sequenzierung nach der logischen Struktur der Lerninhalte: Die den Lerninhalten innewohnende logische Abhängigkeit, die konzeptuelle Organisation oder inhaltliche Zusammengehörigkeit bestimmen dabei die Strukturierung.
- Die Sequenzierung nach dem grundsätzlichen Erkenntnisprozess des Lerngegenstandes: Die zeitliche Präsentation bzw. Abfolge wird hier von der Art und Weise bestimmt, wie Inhalte entdeckt oder erforscht werden können.
- Die Sequenzierung folgt dem Anwendungskontext: Die Strukturierung erfolgt beispielsweise entlang der Abfolge von Arbeitsabläufen oder anderen Strukturen aus dem Arbeitsalltag.
- Die Sequenzierung nach äußeren Rahmenbedingungen: Die Strukturierung richtet sich hier nach organisatorischen oder anderen Bedingungen, zum Beispiel nach den zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten.

Auf der Grundlage dieser Strukturierungs- und Sequenzierungsmöglichkeiten lassen sich Kurs- oder Lehrgangskonzepte entwickeln bzw. Methoden auswählen oder modifizieren.

Didaktische Reduktion: Um die Fasslichkeit oder Anschaulichkeit gerade von technischen Lerninhalten zu erhöhen, ist oftmals eine Elementarisierung bzw. didaktische Reduzierung sinnvoll. Die komplexe Realität wird dabei in ein Format gebracht, das eine leichtere Rezeption und Elaboration verspricht. Die Aufgabe der Didaktischen Reduktion lässt sich allgemein als Vereinfachung wissenschaftlicher Aussagen beschreiben, bei der die Lerninhalte eine quantitative oder qualitative Anpassung an bestimmte Lernvoraussetzungen erfahren und der Gültigkeitsumfang der Aussagen entweder beibehalten oder reduziert wird (vgl. Hering 1959). Gustav

Grüner (1967) unterschied in diesem Zusammenhang die horizontale und die vertikale didaktische Reduktion. Vertikale didaktische Reduktion ist dabei der Übergang von einer wissenschaftlichen Aussage zu einer anderen mit geringerem Gültigkeitsumfang, die leichter fasslich ist. Die horizontale didaktische Reduktion ist dagegen der Übergang von einer abstrakten (wissenschaftlichen) Aussage zu einer konkreteren und somit leichter fasslichen, wobei der Gültigkeitsumfang gleichbleibt. Die Verwendung von Worten anstelle von Symbolen, konkreten Planskizzen, Beispielen, Versuchen und Analogien stehen im Dienst dieses Reduktionsverfahrens.
Ob eine Rückführung auf das Elementare oder Einfache, wie es mit der didaktischen Reduktion intendiert ist, jeweils angemessen ist, darüber lässt sich im Einzelfall streiten. Wie nämlich Franz-Josef Wehnes (1964b, S. 71f.) ausführt, besteht nicht unbedingt immer eine Kongruenz zwischen sachlogisch-Einfachem und psychologisch-Einfachem. So könne das Konkrete und Mannigfaltige unter Umständen einfacher sein, als das Abstrakte und Allgemeine. Wehnes plädiert daher dafür, das Sinn-Elementare und nicht das Elementare der technischen Welt in den Mittelpunkt technischer Erziehung zu stellen. Vermieden werden müsse eine Zerstückelung des sinnhaften Zusammenhangs, zumindest dürfe das didaktisch Reduzierte nicht vorschnell zur absoluten Wahrheit werden. Diese Forderung bringt es mit sich, dass der Inhalt entweder im aktuellen Lernprozess oder später „didaktisch restituiert“ wird. „*Wo der einfache Fall behandelt wurde, muß die Ausweitung auf schwierige Fälle erfolgen. Wo Elemente weggelassen wurden, sind diese wieder einzufügen. Wo schematisiert wurde, müssen die Strukturen mit lebendigen Details gefüllt werden. Wo am konkreten Fall gelehrt wurde, muß verallgemeinert werden. Wo die Sprache bewusst einfach gehalten war, muß in die anspruchsvollere Sprache überführt werden usw*“ (Glöckel 1990, S. 48). Im Kontext konstruktivistischer Überlegungen zum Lehren und Lernen verschiebt sich die Perspektive auf die didaktische Reduktion sowieso: Nicht um die Darbietung von an Menge oder Gültigkeitsumfang reduziertem Wissen geht es primär, sondern um die Reduzierung der Komplexität des Zugangs zu einem Thema. Die daraus für die Methodenwahl interessante Frage besteht dann zum Beispiel darin, welche nicht zu stark vereinfachenden Modelle (Symbole, Analogien, Metaphern, Repräsentationen) sich für die Inhalte und Beziehungen finden lassen und wie diese mit den Lernmethoden vom Schüler im forschenden Lernen selbst erschlossen werden können (vgl. Reich 2012, S. 275).

Differenzierung: Unter didaktischer Differenzierung werden alle organisatorischen und didaktischen Entscheidungen verstanden, die darauf abzielen, den verschiedenen Alters-, Geschlechts-, Niveau- oder Leistungsunterschieden sowie den Interessenunterschieden der Schüler gerecht zu werden. Unterschieden werden die äußere Differenzierung in Schularten, Jahrgangsstufen, Niveau- oder Neigungsgruppen sowie die innere Differenzierung (vgl. Paradies & Linser 2006). Unter die letztere, auch als Binnendifferenzierung bezeichnete Form, fallen alle unterrichtsorganisatorischen Maßnahmen, mit denen versucht wird, innerhalb eines Klassenverbandes Leistungs- oder Interessenschwerpunkten gerecht zu werden, ohne dabei die Heterogenität einer Lerngruppe auf Dauer zu zementieren. Von pädagogischem Wert ist es jedoch nicht, möglichst homogene, weil einfacher zu regulierende, Lerngruppen zu formen, sondern den Schülern Selbsterfahrung und Schwerpunktsetzung zu ermöglichen (Meyer 2004, S. 102). Dazu muss mit der Heterogenität einer Lerngruppe und ihren unterschiedlichen Lernvoraussetzungen produktiv umgegangen werden. Ansatzpunkte dabei sind die Prozessdifferenzierung oder auch die sogenannte curriculare Differenzierung. Bei der Prozessdifferenzierung kommen unterschiedliche Methoden, Sozialformen oder Medien zum Einsatz. Lernziele und Lerninhalte bleiben jedoch gleich. Anders bei der curricularen Differenzierung. Hier sind für die Schüler unterschiedliche Lernziele und Lerninhalte vorgesehen.

4.4 Lernhilfen aus pädagogischer Sicht

Was zeichnet pädagogische Lernhilfen aus? Wurden im vorangegangenen Abschnitt grundsätzliche Bedingungen aufgezeigt, wie Erkenntnis und Erfahrung im Rahmen von Methoden gefördert werden können, soll es hier nun um konkrete Lernhilfen gehen. Dabei liegt der Fokus wieder auf dem pädagogischen Charakter der Lernhilfen. Dieser wird stets durch das grundlegende Ziel bestimmt, der Ausformung der Persönlichkeit des Lernenden zuzuarbeiten und zwar ausgehend von einem bestimmten Menschenbild und davon abgeleiteten Bildungsabsichten (vgl. Meinberg 1988). Das pädagogische Profil von Lernhilfen zeigt sich zudem in der besonderen Rolle, die die Lehrenden oder Erziehenden hierbei einnehmen sollten, nämlich dem Kind oder Jugendlichen zu helfen, die eigenen Möglichkeiten zu entbinden (vgl. Derbolav 1966, S. 142). Diese Intentionalität fordert eine Anpassung der institutionellen Realität, innerhalb der die Bildungsmaßnahme abläuft und bedingt die Planung und Gestaltung einer spezifisch pädagogisch arrangierten Umwelt, die entsprechende Methoden miteinschließt.
In der pädagogischen Erziehungs- und Lernsituation fließen somit die Bildungsintentionen und die daraufhin arrangierten Lernbedingungen einerseits sowie die Interventionen des „Pädagogen“ andererseits zusammen. Damit unterscheidet sich der Blick aus dieser Richtung von einer eher psychologischen Betrachtungsweise von Lernsituationen, bei der die Anbindung an ein soziales Bezugssystem durchaus festgestellt, deren Gestalt aber nicht a priori mit geplant, gestaltet oder evaluiert werden soll. Das Bezugssystem für den psychologischen Blick auf Lernhilfen ist vielmehr das kognitive System, dessen Effektivität durch Strategien und Techniken gesteigert werden soll.

Arten von Lernhilfen: Lernhilfen bedürfen der Person oder zumindest der Initiative einer Pädagogin oder eines Pädagogen. Lernhilfen können während des gesamten Lern- oder Erkenntnisvorgangs zur Anwendung kommen. Unterscheiden lassen sich beispielsweise Hilfen zur Herbeiführung der Aufmerksamkeit, Motivations-, Formulierungs-, Informations-, Planungs-, Entscheidungs-, Durchführungs-, Bewertungs- oder Reflexionshilfen. Gesprochen werden kann ferner von Orientierungs-, Strukturierungs- oder Formulierungshilfen. Welche bzw. in welchem Umfang Lernhilfen angeboten werden, kann pauschal nicht beantwortet werden und unterliegt den individuellen Lernvoraussetzungen der Zielgruppe, den ins Auge gefassten Intentionen, der Komplexität der Inhalte, den speziellen Anforderungen der Situation, dem methodischen Setting sowie dem Selbstverständnis des pädagogischen Personals. Methodisch kann zwischen situationsabhängigen oder gezielten, inhaltlich zwischen allgemeinen oder spezifischen Lernhilfen unterschieden werden.

Artikulation des Lernprozesses: Eine Funktion von Methoden ist es, dem Lernprozess Rahmen und Struktur zu verleihen, um die Vorstellungswelt des Schülers systematisch aufzubauen. Um dies zu erreichen, kann im Vorfeld einer Lernmaßnahme eine genaue Festlegung der Abfolge von Lehr- und Lernhandlungen in Phasen, Stufen oder Schritten vorgenommen werden. Eine solche Sequenzierung zeitlicher, inhaltlicher und methodischer Aspekte nennt man Artikulation. Für die Artikulation von Unterricht existieren unterschiedlichste Modelle (vgl. Bönsch 1985, S. 382ff.). Bereits bei Johann Friedrich Herbart (1776-1841) sollte der Aufbau der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler durch einen sinnvollen Wechsel von Vertiefung und Besinnung erreicht werden. Dafür sah er eine genaue Abfolge verschiedener Phasen beziehungsweise Stufen vor: 1. Stufe der Klarheit (Vertiefung mit dem Gegenstand, bis er bestimmt „aufgefasst“ ist). 2. Stufe der Assoziationen (die einzelnen Elemente werden im Gespräch miteinander in Verbindung gebracht). 3. Stufe des Systems (Zusammenfassung und Verbindung des Gelernten mit bereits vorhandenen Vorstellungskreisen). 4. Stufe der Methode (Anwendung des Gelernten). Mit der dieser Phasierung impliziten Vorstellung der Vernetzung neuer Erkenntnisse mit den vorhandenen Gedächtnisinhalten nahm Herbart in gewisser Weise

Ansätze der pädagogischen bzw. kognitiven Psychologie vorweg (vgl. Gudjons 1999, S. 101). Ähnliche Schemata – etwa das von Rein (1900) – bestimmten über lange Zeit das Unterrichtsgeschehen, vor allem in der Volksschule. Die Reformpädagogen stießen sich an solchen, vor allem dem Lehrgedanken verpflichteten Schemata mit ihrer Ausrichtung auf die Aneignung kognitiver Lerninhalte. Sie stellten den Formalstufen Unterrichtsmuster gegenüber, die der körperlichen oder geistigen Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler mehr Raum einräumten. Eine gewisse Vorbildwirkung entfaltete das Artikulationsschema von Heinrich Roth (1961, S. 228ff.) mit seinen fünf Stufen: 1. Stufe der Motivation (Anstoß des Lernprozesses). 2. Stufe der Schwierigkeiten (Schüler steht vor Schwierigkeiten beim Neuerwerb einer Leistungsform, Lehrer entdeckt die Schwierigkeiten der Aufgabe für die Schüler). 3. Stufe der Lösung (Neuerwerb der Leistungsform gelingt mehr und mehr, Lehrer zeigt Lösungsweg auf oder lässt ihn finden). 4. Stufe des Tuns und Ausführens (die neue Leistungsform wird aktiv vollzogen). 5. Stufe des Bereitstellens, der Übertragung, der Integration und des Übens.
Oft werden diese 5 Stufen zu drei Phasen zusammengefasst: Phase der Motivation und der Problemstellung, Phase der Erarbeitung oder Problemlösung und Vertiefungsphase (Phase der Integration, des Behaltens, des Transfers, der Anwendung, der Sicherung oder des Übens). Diese Grundstruktur findet sich auch bei Methoden, die eigene Artikulationsschemata aufweisen, wie die so genannten methodischen Großformen (Projekt, Fallstudie, Planspiel u.a.).
Ausgangspunkt für die verschiedenen Artikulationsschemata ist die Überlegung, dass es eine Grundstruktur des Lernens gibt, die unabhängig von Inhalten oder Fächern jeden Erkenntnis- oder Leistungserwerb befördern kann. Dabei wird außer Acht gelassen, dass sich in der Abfolge konkreter Lernschritte nicht ausschließlich erkenntnistheoretische oder lernpsychologische, sondern auch didaktische, soziale, organisatorische und pädagogische Aspekte manifestieren (vgl. Bönsch 1985, S. 387). Eine allgemeingültige „Einheitsstruktur“ scheint im Lichte konstruktivistischer Lerntheorien heute fragwürdig, zumal eine starre Fixierung auf Phasen oder Stufen den Anforderungen des realen Unterrichtsgeschehens, vor allem aber den individuellen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler kaum gerecht wird (vgl. Meyer 2004). Andererseits kommt ein gewisser Grundrhythmus den Bedürfnissen vieler Lernender nach Struktur und Klarheit entgegen. Im Vordergrund stehen sollte jedoch nicht eine fixe Unterrichts- oder Inhaltsstruktur, sondern das Erreichen konkreter Ergebnisse, eine überwiegend induktive Vorgehensweise sowie eine konsequente Ausrichtung der Lernhilfen und Methoden an den Bedürfnissen und Fähigkeiten der Lernenden. Eine solche, flexibel angepasste Artikulation des Unterrichts kann dann als Lernhilfe verstanden werden.

Lernhilfen im „Meister-Lehrlings-Verhältnis“: Lernhilfen können unterschiedlichste Formen einnehmen. Charakteristisch für pädagogische Lernhilfen ist die aktive Funktion des Lehr- oder Erziehungspersonals. Es initiiert, reguliert oder reduziert die Maßnahmen, die verbalen oder nonverbalen, mimischen, gestischen oder körpersprachlichen Charakter haben können. Gemäß der Methodeneinteilung von Hilbert Meyer (1987a, S. 119f.) handelt es sich hier beispielsweise um so genannte Inszenierungstechniken wie etwas vormachen oder einen Impuls geben. Eine Kategorisierung entsprechender Maßnahmen findet sich bei dem bereits angesprochenen *cognitive apprenticeship*-Ansatz von Collins et al. (1989), der das Verhältnis von Pädagogen und Lerner mit dem Verhältnis von Meister und Lehrling vergleicht. Das Konzept basiert auf ethnographischen Studien, bei denen das Lernen in einer Schneiderwerkstatt in Liberia untersucht wurde. Die Interaktion der Lehrlinge mit dem Meister in verschiedenen methodischen Stufen des Lernprozesses führt zur Erlangung besonderer berufsspezifischer Kompetenzen durch den Auszubildenden. Diese Kompetenzen beinhalten neben den handwerklichen Fähigkeiten und Fertigkeiten auch die Fähigkeit zur Selbstüberwachung und Selbstkorrektur.
Der Grundgedanke des von Collins, Brown, und Newman (1989) vorgestellten Ansatzes ist es nun, das besondere Verhältnis zwischen Lehrling und Meister im handwerklichen Bereich auf andere, vorwiegend kognitiv akzentuierte Bildungssituationen zu übertragen und der Lehrkraft

dabei die Rolle des Meisters zuzuweisen. Wichtig ist, dass diese ihre „Lehrlinge“ bereits dann schon an Problemen arbeiten lässt, bevor diese sie gänzlich erfasst haben. Ein Schlüsselaspekt des Konzepts ist dabei die Zerlegung des Problems in Teilbereiche. Das soll die Lernenden motivieren, soviel einer Aufgabe zu übernehmen, wie sie bereit sind, zu bewältigen. Die Motivation zum Lernen soll zudem durch ein fassbares, wirtschaftliches Ziel gegeben sein. *Cognitive Apprenticeship* muss deshalb so gestaltet werden, dass die Lernziele interessant und relevant erscheinen. In einem ersten Schritt (*modelling*) soll die Lehrperson in realitätsnahen Umgebungen Problemlösungen aufzeigen, so dass typisch expertenhafte Prozesse und Aktivitäten ersichtlich werden. Entsprechende Darbietungen und Erläuterungen können dabei auch mit einem Film präsentiert werden. Das *modelling* der Aufgabe durch einen „Experten“ soll die Bildung eines Modells des Lösungsprozesses beim Lernenden anregen. Die anschließenden Aufgaben werden dann von der Lehrkraft begleitet (*coaching*). Sie gibt Hilfestellungen und versucht gegebenenfalls den Problemlösungsprozess zu lenken. Bei Schwierigkeiten werden dem Lernenden bestimmte Hilfeleistungen angeboten (*scaffolding*). Dabei könnte es sich beispielsweise um Struktogramme der Aufgabe oder auch um Modelle handeln. Die Hilfen, Rückmeldungen und Unterstützungen sollen mit steigender „Expertenpraxis“ des Lernenden allmählich ausgeblendet werden (*fading*). Mittels bestimmter Methoden und Techniken werden die Lernenden zudem veranlasst, ihr Wissen und ihre Problemlösungsprozesse zu artikulieren und externalisieren (*articulation*). Vor der Anwendung des Gelernten und der Lösung ähnlicher Probleme (*exploration*) steht der Vergleich der eigenen Problemlösungsprozesse mit denen von Experten oder anderen Lernern (*reflection).*

Die mit dem *Cognitive Apprenticeship*-Ansatz vorgestellten Schritte oder Mikromethoden finden sich in ähnlicher Weise auch in der Methodik beruflicher Unterweisung, bei der es vor allem um den Aufbau praktischer Fertigkeiten und Fähigkeiten geht. Zu den klassischen Methoden betrieblich-beruflicher Ausbildung zählen das Imitationslernen („Beistelllehre“), die Vier-Stufen-Methode (Vorbereiten, Vormachen, Nachmachen, Üben) und die Analytische Arbeitsunterweisung (die Lernabschnitte werden nach einer Tätigkeitsanalyse für sich allein gelernt und später wieder zusammengesetzt). Neuere Ausbildungsmethoden setzen bei der in Abschnitt 4.2.3 vorgestellten Handlungsregulationstheorie an. Die Grundlage für diese Theorie bildet die Auffassung, nach der menschliches Handeln als eine vorausschauende Tätigkeit aufgefasst wird, die sich aufgrund innerer Vorstellungen und Abbilder vollzieht (Schelten 2005, S. 157f.). Für den Aufbau innerer Abbilder werden daher gezielt Handlungsregulationen beeinflussende Unterweisungsverfahren vorgeschlagen. So setzen psychoregulativ akzentuierte Trainingsverfahren auf das gezielte Beobachten handlungserfahrener Personen oder auf die kognitive bzw. imaginative Durchdringung und Vergegenwärtigung einer Tätigkeit. Auch die Sprache wird bewusst als Werkzeug eingesetzt, wenn im Gespräch zwischen Ausbilder und Auszubildenden auf eine Tätigkeit vorbereitet wird oder der Auszubildende aufgefordert wird, sich selbst zu instruieren. Methodische Elemente der psychoregulativen Verfahren finden sich auch in der kombinierten, sprachakzentuierten oder kognitiven Unterweisung. Metakognition und Selbstreflexion haben positive Auswirkungen auf Lern-, Denk- und Problemlösungsleistungen, weil sie die Planung, Überwachung und Regulation des Lern- oder Arbeitsprozesses kontrollieren (vgl. Schiefele & Pekrun 1996, S. 262). Sie sollten daher in der Ablaufstruktur von Methoden Berücksichtigung finden. Zum Einsatz kommen können hierbei beispielsweise Heuristische Denkhilfen. Dabei handelt es sich um Regeln oder Aufforderungen, den Gedankengang in eine bestimmte Richtung zu lenken. Grundsätzlich können sie sich auf ein konkretes Thema oder auf eine konkrete Aufgabe beziehen oder betreffen allgemein den Lern- und Arbeitsprozess. Tabelle 4.6. zeigt Denkhilfen zur Unterstützung für eine möglichst selbstständige Lösung bei einer Fertigungsaufgabe.

Tab. 4.6: Beispiele für heuristische Denkhilfen (vgl. Schelten 2005; Klein 1990)

Zeichnung lesen

- Ist der Plan/ die Zeichnung/ der Schaltplan verständlich?
- Benötigen Sie weitere Informationen? Wenn ja, wenden Sie sich bitte an Ihren Lehrer.
- Markieren Sie die für die Aufgabenbearbeitung wichtigen Maße und Linien in der Zeichnung!

Arbeitsplanung

- Beschreiben Sie die zur Lösung der Aufgabe notwendigen Arbeitsschritte auf einem Blatt Papier und ordnen Sie diese dann!
- Welche Arbeitsmittel sind bei den jeweiligen Schritten notwendig?
- Tragen Sie die Arbeitsschritte mit den benötigten Arbeitsmitteln in einen Arbeitsplan ein!
- Welche Maschinen, Werkzeuge, Hilfsmittel, Materialien, Prüfmittel oder Messwerkzeuge sind zur Bearbeitung der einzelnen Arbeitsschritte notwendig?
- Wie ist Ihr Arbeitsplatz für die Lösung der Aufgabe einzurichten?
- Welche Qualitätskriterien sollte das Endergebnis Ihrer Arbeit erfüllen? Erstellen Sie selbst einen Bewertungsbogen nach folgenden Punkten: Funktionsfähigkeit, Maßgenauigkeit, Schaltfähigkeit...
- Legen Sie anhand der Zeichnung die Stellen fest, an denen später Maß- und Sichtkontrollen am Werkstück durchgeführt werden sollen!
- Zeigen Sie Ihren Arbeitsplan dem Lehrer und sprechen Sie mit ihm noch einmal Ihre Lösung durch!

Ausführung

- Überlegen Sie vor jedem Schritt, ob die angedachte Lösung immer noch die bestmögliche darstellt!
- Gibt es evtl. neue Informationen, die Ihr Vorgehen beeinflussen?
- Beachten Sie die Abarbeitung von Teilzielen! Welches ist das nächste Teilziel? Behalten Sie ständig das Gesamtziel im Blick!

Bewertung

- Welche Arbeitsphase erschien Ihnen am schwierigsten, begründen Sie Ihre Aussage?
- Haben Sie Defizite bei der Ausführung der Arbeit empfunden? Machen Sie Vorschläge, wie diese Defizite abgebaut werden können?
- Vergleichen Sie die von Ihnen festgelegten Qualitätskriterien mit dem Arbeitsergebnis!
- Überprüfen Sie das Arbeitsergebnis anhand des Bewertungsbogens!
- Überlegen Sie wie die Nacharbeit zur Erreichung der festgelegten Qualitätskriterien gestaltet werden muss!
- Besprechen Sie mit Ihrem Lehrer das Arbeitsergebnis!

4.5 Zusammenfassung

Die Methodenanalyse in diesem Abschnitt greift die Gestaltungsüberlegungen der auf Schule bezogenen Technikdidaktik in Bezug auf Zielsetzungen, Inhaltseingrenzungen und Aspekten der Erkenntnis- und Lernförderung auf, ohne ihnen durchgängig zu folgen. Technische Bildung wird hier als fach- und institutionenübergreifende Bildungsaufgabe verstanden. Im schulischen Bereich sind Ziele, Inhalte und Methoden curricular fixiert, für außerschulische Bildungsmaßnahmen muss das didaktische Setting stets neu konzipiert werden. Im Vorfeld einer konkreten Maßnahme oder Unterrichtseinheit ist in beiden Fällen eine Analyse sinnvoll, die die Methodenwahl sowohl an intentional-inhaltlichen als auch an erkenntnis- und lernrelevanten Aspekten spiegelt. Entsprechende Überlegungen können sich auf verschiedene theoretische Positionen stützen.

Für sämtliche technikbezogenen Bildungsprozesse obligatorisch ist die Ausrichtung an übergeordneten Bildungszielen oder konkreteren Lernzielen. Sich dieser bewusst zu werden oder sie überhaupt erst zu identifizieren, stellt bereits eine Reduktionsstrategie dar, die das weite Feld der Technik sinnvoll beschränken kann. Ausgangspunkt der hier vorgeschlagenen intentionalen Überlegungen ist der nach wie vor wirkmächtige Bildungsbegriff mit seiner Perspektivität für ein selbstbestimmtes, mitbestimmendes und solidarisches Leben. Das hierfür notwendige „Rüstzeug“ wird in zwei Bereichen gesucht. Zum einen in technikbezogenen Lebenssituationen, die es zu bewältigen gilt und aus denen sich konkrete Verhaltensperspektiven oder Kompetenzen ableiten lassen. Zum anderen in den diese Lebenssituationen überlagernden technikbezogenen sozialen, ökonomischen und ökologischen Prozessen. Sie enthalten sowohl Problempotenziale als auch Chancen, die sich aus unterschiedlichen Erkenntnisperspektiven identifizieren lassen.

Bei der Wahl geeigneter Aneignungsobjekte für die Realisierung dieser übergeordneten Ziele mit speziellen Methoden können unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden: Dazu zählen naturwissenschaftliche Gesetze, bestimmte technische Artefakte und Sachsysteme, technische Handlungsweisen, technikgeschichtliche Zusammenhänge sowie Kriterien und Methoden der Technikbewertung.

Aus pädagogischer Sicht erwächst dem Bildungspersonal für die Realisierung der beabsichtigten Erkenntnis- oder Erfahrungsgewinne im Rahmen von Methoden, eine besondere Verantwortung. Sie ergibt sich aus der Vermittlerrolle zwischen Gesellschaft und Kultur auf der einen und dem lernenden Individuum auf der anderen Seite. Um dieser Rolle gerecht zu werden, bedarf es sowohl einer zielgruppenspezifischen Gestaltung der Lernumgebung und Lernsituation, als auch einer vorausgehenden Bearbeitung der Lerninhalte. Vorbild und Intervention der Lehrpersonen in erziehlicher und bildender Absicht sind auch die prägenden Charakteristika, die die verschiedenen Arten pädagogischer Lernhilfen innerhalb eine Methode ausmachen.

Mit der nachfolgenden Tabelle sollen noch einmal die wesentlichen Punkte für die Auswahl und Gestaltung von Methoden technischer Bildung aus der pädagogisch-technikdidaktischen Perspektive zusammengefasst werden.

Methoden aus pädagogisch-technikdidaktischer Sicht …			
…dienen der Realisierung folgender…	…ermöglichen Aneignung und Durchdringung folgender….	…fördern grundsätzlich den Aufbau von…	..unterstützen konkret den…
Ziele	Inhalte	Erkenntnis	Lernprozess
Grundsätzlich: Identifikation der durch Technik bedingten Schlüsselprobleme oder Schlüsselchancen und ihre Analyse entlang bestimmter Erkenntnisperspektiven sowie Bewältigung der davon betroffenen Lebenssituationen, mittels bestimmter Verhaltensperspektiven oder Kompetenzen. Konkreter: Z.B. Technik analysieren, konstruieren, herstellen, nutzen, bewerten, beurteilen oder kommunizieren	Grundsätzlich: • Naturwissenschaftliche Grundlagen • Strukturen Technischer Artefakte und Sachsysteme • Technische Handlungsweisen und Methoden • Technikgeschichte • Technikbewertung Konkreter: Z.B Inhalte aus folgenden Bereichen: • Arbeit und Produktion • Information und Kommunikation • Transport und Verkehr • Versorgung und Entsorgung • Bauen und Wohnen	Durch eine zielgruppenspezifische und lernförderliche Gestaltung von Lernumgebung und -situation durch • Aufbau von Vorwissen, • angemessene Berücksichtigung technischer Lehr- und Lernmittel, • Wechsel von Instruktion und Konstruktion, • entdeckendes Lernen und Handlungsorientierung, • eine auf Selbststeuerung angelegte, motivierende, kooperative und in eine Expertenkultur einführende Lerngestaltung, sowie durch eine Anpassung der Inhalte über eine geeignete Strukturierung, Sequenzierung, Reduktion oder Differenzierung	Grundsätzlich durch: Hilfen zur Herbeiführung der Aufmerksamkeit sowie Motivations-, Formulierungs-, Informations-, Planungs-, Entscheidungs-, Durchführungs-, Bewertungs- oder Reflexionshilfen. Konkret durch: Demonstration des Vorgehens, Individuelle Ermunterung und Förderung, Teilproblemlösung mit zunehmender Zurücknahme der Hilfe, Aufforderung zu sprachlicher Externalisierung des Wissens, Aufforderung zum Vergleich eigener Denkprozesse mit denen von Experten, Anregung zur eigenständigen Problemlösung sowie durch psychoregulative und heuristische Lernhilfen

Abb. 4.15: Methodenaufklärung durch pädagogische bzw. technikdidaktische Aspekte

5 Methodenaufklärung durch methodologische Aspekte der Technik- und Humanwissenschaften

Methoden – Wege der Erkenntnis und Eingrenzung des Sachverhalts: Erkenntnis meint den persönlichen Zustand eines Individuums oder das angestrebte Ziel einer Wissenschaft (Grundmann 2008, S. 1). Beide Annäherungen an den Erkenntnisbegriff beziehen sich auf einen Konstruktionsvorgang, bei dem es um die Aneignung der Strukturen der realen Welt durch den Menschen geht. Die Suche nach dem richtigen Erkenntnisweg beziehungsweise der (wissenschaftlichen) Erkenntnismethode für ein spezifisches Problem oder einen bestimmten Objektbereich hat eine lange Tradition. Die Disziplinen, die sich mit grundsätzlichen Fragen der Erkenntnisgewinnung beschäftigen, sind die Wissenschafts- oder Erkenntnistheorie. Von dort aus betrachtet, sind Methoden planmäßig und systematisch angelegte Versuche des Weltverstehens. Mit wissenschaftlichen Methoden sollen Phänomene beschrieben und geordnet werden, Erklärungen gefunden und Prognosen ermöglicht werden. Sie dienen demnach der Klärung der Fragen, warum sich etwas genauso verhält, wie es sich verhält. Forschen wie Lernen basieren demnach auf den gleichen Antrieben, nämlich Wissen durch theoretisch und methodisch geleitete Erkenntnisvorgänge zu generieren (Wildt 2009, S. 4). Wissenschaftliche Forschung lässt sich daher auch als „spezialisierte Form des Lernens“ oder als „forschendes Lernen“ bezeichnen (Reich 2012, S. 268).

Zwischen den wissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung und den Unterrichtsmethoden besteht somit ein Zusammenhang. Als erprobte „Wege der Erkenntnis“ kann den wissenschaftlichen Methoden sogar eine gewisse Modellfunktion für Unterrichtsmethoden zugebilligt werden. Bereits jetzt zielt Unterricht in einigen Schularten darauf ab, Schülerinnen und Schüler mit dem wissenschaftlichen Habitus eines bestimmten Faches vertraut zu machen. Verschiedene Ziele, die in diesem Zusammenhang verfolgt werden, sind die Aneignung der wissenschaftlichen Sprache, die Argumentation mit wissenschaftlichen Kategorien oder eben die Übung in fachspezifischen Methoden. Allerdings stehen erkenntnistheoretische Ansätze innerhalb der Didaktik und Fachdidaktik oftmals im Schatten einer auf praxisgerechter Vermittlung abzielenden Ziel-, Inhalts-, Methoden- und Medienwahl (vgl. Gruschka 2009, S. 34ff.). Dabei eröffnen methodologische Anleihen die Chance, Lehr-/Lernprozesse entlang der szientistischen Genese der Fachinhalte anzulegen und mit einer solchen „Rekonstruktion“ von Inhalten zum einen die Voraussetzungen für ein tiefes und umfassendes Verstehen, Begreifen und Erkennen zu schaffen und zum anderen auch ein Gefühl für die Grenzen der Wissensfindung zu vermitteln. Den Nutzen eines eher erkenntnistheoretischen Zugangs diskutiert zum Beispiel Thomas Retzmann (2008). Die Überlegungen beziehen sich zwar auf curriculare Aspekte aus dem Bereich ökonomischer Bildung, sie sind jedoch durchaus übertragbar auf den hier behandelten Lernbereich: Ausgangspunkt der Argumentation ist die Vielfalt der möglichen Erkenntnisobjekte, die Schule und Unterricht alle unmöglich beleuchten könnten. Retzmann sieht daher die Notwendigkeit einer Hinwendung vom Material- zum Formalobjekt. In Anlehnung an Karl Poppers Scheinwerfertheorie, plädiert er dafür, dass Curricula nicht primär durch die Auswahl zu beleuchtender Gegenstände, sondern durch die Auswahl von Scheinwerfern bestimmt werden. Unter dem Begriff „Scheinwerfer“ fasst er die fachspezifischen Zugangsweisen der Bezugswissenschaften zusammen, deren Anwendung die Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit eines bestimmten Erkenntnisinteresses lernen sollten.

Welche Scheinwerfer jedoch den hier fokussierten Lerngegenstand ausreichend beleuchten, ist angesichts der Wesenseigenschaften der Technik nicht ohne weiteres zu beantworten. Schon jetzt und wohl noch mehr in der Zukunft präsentieren sich verschiedene Technologien als interdisziplinäres Ergebnis verschiedener Wissenschaftsdisziplinen. Für Gabriele Graube (2014, S. 136) ist dies Anlass, auch im Bildungsbereich die wechselwirksame Verknüpfung von Wissenschafts- und Technikentwicklung angemessen zu reflektieren.

Eine besondere Stellung für die erkenntnisgeleitete Durchdringung der Technik nehmen selbstverständlich die Methoden der Natur- und Technikwissenschaften ein. Eine wissenschaftstheoretische Analyse der Methoden technischer Bildung sollte daher dort ansetzen, wo technisches Wissen unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden hervorgebracht wird. Allerdings wird man ein die Technik in all ihren Facetten durchdringendes Methodenrepertoire bei den rechnenden oder exakten Wissenschaften nicht allein vermuten dürfen. „Richtkraft" – wie Theodor Litt (1959, S. 77) es ausdrückt – besitzen nämlich die in diesem spezifischen Bereich üblichen Methoden nur allein bei den Objekten, die direkt ihrem räumlich-materiellen Interventionskreis zugeordnet werden können. Erkenntnisse zu den individuellen Triebkräften und wirtschaftlichen, gesellschaftlichen oder politischen Voraussetzungen und Folgen der Technik kann dagegen von den naturwissenschaftlich-technischen Disziplinen kaum erwartet werden – weder in der Sache selbst noch in Bezug auf die methodischen Möglichkeiten zu ihrer Gewinnung. Für die Identifizierung geeigneter Methoden ist daher der Blick auch auf andere, mit Technik befasste Wissenschaften auszuweiten.
Nachfolgend soll nun Hinweisen nachgegangen werden, ob der Rückbezug der Unterrichtsmethoden auf Wissenschaftsmethoden näher an den zu klärenden inhaltlichen Kern technischer Phänomene und ihren human-sozialen Abhängigkeiten und Effekten heranzuführen vermag. Die Grundlage für die Analyse bildet wiederum das ZIEL-System, mit dem Kriterien gewonnen werden sollen, die die Auswahl oder Weiterentwicklung von Unterrichtsmethoden technischer Bildung aus wissenschafts- oder erkenntnistheoretischer Sicht erlauben (s. Abschnitt 3.3).
Nach einer Charakterisierung der mit Technik befassten Wissenschaftsdisziplinen, werden zuerst die jeweiligen Ziele und dann die darauf bezogenen Untersuchungsgegenstände beschrieben. Bereits hier sei darauf verwiesen, dass sich eine getrennte Betrachtung von Zielen und Gegenständen der Wissenschaften als schwierig erweist, da die in einer Wissenschaft fokussierten Objekte und Systeme sowohl Ausgangspunkt als auch Ziel von Forschungen sind. Im Anschluss an die Darstellung des technischen Objekt- oder Subjektbereichs, der wissenschaftlich relevant sein könnte, wird das methodische Repertoire verschiedener Disziplinen zum Aufschluss der Technik und ihrer Bedingungen thematisiert. Gemäß der Frage, mit welchen Ansätzen technologische Probleme erschlossen und Erkenntnisse gewonnen werden können, werden zuerst grundsätzliche Methodenkonzeptionen in den Blick genommen. Anschließend werden entsprechende Methoden skizziert. So wie pädagogische Lernhilfen die Erkenntnistätigkeit eines Schülers unterstützen sollen, so kann ein methodisches Raster als Stütze im technikbezogenen Forschungs- und Gestaltungsprozess fungieren.

5.1 Ziele und Erkenntnisinteressen der mit Technik befassten Wissenschaften

Technik- und andere Bezugswissenschaften: Wissenschaften lassen sich über ihre Erkenntnisgegenstände, ihre Methoden, die Art und Weise ihrer Institutionalisierung sowie über ihre Ziele bestimmen. Die Voraussetzung für Technik ist Erkenntnis, nämlich über die Eigenschaften von Stoffen und Gegenständen, ihre Kombination, Struktur und Bemessung sowie das Zusammenwirken in Prozessen (vgl. Müller 1990, S.5). Die Bereitstellung eines entsprechenden Gesetzes-, Struktur- und Regelwissens über die Technik ist Aufgabe der Technikwissenschaften. Es gehört zu ihrem Selbstverständnis, die kognitiven Voraussetzungen für Innovation in der Technik und Anwendung technischen Wissens zu schaffen und zugleich die Grundlagen für die Reflektion ihrer Implikationen und Folgen zu legen (Acatech 2013). In den Technikwissenschaften geht es daher nicht ausschließlich um Welterkenntnis, sondern auch um Weltgestaltung. Ein Aspekt, der sich im weiteren Sinne als soziales Ziel definieren lässt (König 2006b, S. 84).

Aufgabenstellungen und Ziele der Technikwissenschaften weisen Parallelen zu curricularen Zielsetzungen technischer Bildung auf. Eine Orientierung der bildungswirksamen Methodik an der nächsten Bezugswissenschaften ist daher naheliegend. Die Rezeption technikwissenschaftlicher Methoden in das technikdidaktische Lehr- und Lerngerüst ist seit der Ausformung technischer Bildung in den 60er Jahren gängige Praxis. Dabei versteht sich ein solcher methodologischer Ansatz als Ergänzung anderer technikdidaktischer Konzepte (vgl. Krause 2001; Bernhard 2003, S. 73).

Angesichts des breiten Inhaltsspektrums der technischen Bildung fehlt allerdings die *eine* konkrete Bezugswissenschaft.[46] Da sich auch das Konzept einer „Allgemeinen Technologie" nicht so recht durchzusetzen vermag[47], rücken bei der Suche nach methodologischen Anleihen alle in einem engeren Verhältnis zur Technik stehenden Wissenschaften in den Blick. Neben den Naturwissenschaften sind das vor allem die Ingenieurwissenschaften. Sie lassen sich als Gruppe von Wissenschaften beschreiben, deren Ziel einerseits darin besteht, Normen und Handlungsvorschriften sowie Entwürfe für neue Gebilde zu antizipieren und die andererseits versuchen, die sich im Anschluss daran vollziehenden praktischen Tätigkeiten zu einer effektiven Beherrschung der Wirklichkeit zu führen. Einfacher können diese Technikwissenschaften als Wissenschaften von der Wirkungsweise, Erzeugung und Nutzung von Technik definiert werden (Banse & Wendt 1986, S.10ff.). Aufgrund dieser Deutung lassen sich ihnen neben den Ingenieurwissenschaften auch die Material- und Arbeitswissenschaften zuordnen (vgl. Banse 1996, S. 110). Eine eindeutige Identifizierung von Technikwissenschaften ist – wie Eberhard Jobst (1995, S.9f.) anmerkt – ohnehin nicht unproblematisch. Das liegt beispielsweise daran, dass sich die Einzeldisziplinen nicht einem einzelnen Ordnungsprinzip zuordnen lassen und zudem die Trennlinie zu den Naturwissenschaften nicht exakt gezogen werden könne. Hans Poser (2012, S. 312) bezeichnet es gar als eine „[…] *weitgehend ungelöste Frage, was für eine Art von Wissenschaft denn die Technikwissenschaften sind*". Wegen ihres ausdrücklichen Gesellschafts- und Kulturbezugs bei gleichzeitiger Berücksichtigung erfahrungswissenschaftlicher und mathematischer Resultate nehmen sie nämlich alle Elemente auf, die eigentlich für eine Unterscheidung unterschiedlicher Wissenschaften verwendet werden können. Eine abgeschlossene Wissenschaftstheorie, die in Bezug auf die Technikwissenschaften Klarheit schaffen könnte, ist für Poser nicht in Sicht.

Zwischen den beiden Polen Erkennen und Gestalten, zwischen denen sich alle Wissenschaften einordnen lassen, formieren sich die Technikwissenschaften lt. Wolfgang König (2013, S. 65) allerdings eindeutig in Richtung Gestalten. Wie beim handwerklichen Tun geht es demnach um das Handeln nach Zwecken. Allerdings kommt hier der spezifisch wissenschaftliche Zweck hinzu, nämlich die Transsubjektivität der Mittel zu sichern (Janich 1996, S. 70). Dem Wesen nach besitzen die Methoden und Theorien der technischen Wissenschaften eine eher quantitative Charakteristik. Dies hängt damit zusammen, dass ihr Erkenntnisgegenstand – die vorhandene oder noch zu schaffende Technik – über mathematische Abstraktionen und Zahlen, über

[46] Günther Ropohl (2004, S. 47): „*Die didaktische Konsequenz aus dieser Situation liegt auf der Hand: Es gibt zwar eine Vielzahl von Technikwissenschaften – unter denen sich auch noch eine „Mechanische Technologie" und eine „Chemische Technologie" finden, in denen die Verfahren der Stoffumwandlung behandelt werden. Doch es fehlt die eine, allgemeine Technikwissenschaft, auf die man bei der Bestimmung technischer Inhalte für die Arbeits- und Techniklehre ohne weiteres Bezug nehmen könnte. Stellt sich der Fachdidaktik in anderen Disziplinen hauptsächlich das Problem, das fachwissenschaftliche Lehrgebäude bedürfnis- und situationsgerecht zu reduzieren, so ist im Falle der Technologie - und ähnliches gilt mit Sicherheit für die Praktische Anthropologie, wahrscheinlich aber auch für die Ökonomie - die einschlägige generalistische Fachwissenschaft überhaupt erst zu konstituieren. So scheint es nicht nur aus wissenschaftssystematischen, sondern auch aus didaktischen Gründen geboten, eine Allgemeine Technologie mit zeitgemäßen Mitteln zu beleben und zu entfalten.*"

[47] Die Allgemeine Technologie ist dazu bestimmt, Themen zu bearbeiten, die von den jeweils spezialisierten einzelnen Technikwissenschaften, den speziellen Technologien, vernachlässigt werden. Das sind nach Banse u.a. (2006, S. 338) insbesondere:

- Technik: Begriffe und Klassifikationen;
- Theorie der Sachsysteme (Funktionen, Strukturen, Hierarchien);
- Theorie der technischen Entwicklung (Bedingungsforschung);
- Methodenlehre technischer Wissenserzeugung, Planung und Gestaltung;
- Theorie des Gebrauchs, d.h. der Technikverwendung in Arbeit und Alltag (Arbeitswissenschaft im weitesten Sinn; Folgenforschung);
- Theorie der Technikbewertung.

Messung und Bemessung gut erfasst und verallgemeinernd beschrieben werden kann. Die Erzeugung von Wissen in den Technikwissenschaften ist daher seit ihrer Entstehung eng mit der Integration naturwissenschaftlichen Wissens sowie den Möglichkeiten der mathematischen Beschreibung verknüpft. Neben dem quantitativen Moment zeichnen sich die Technikwissenschaften jedoch auch durch eine enge Bezugnahme auf den Menschen und die Gesellschaft aus. Die Aufgaben der Technikwissenschaften erfordern zwar eine spezifische Anbindung und Berücksichtigung naturgesetzlicher Möglichkeiten, aber eben nur auf der Grundlage entsprechender gesellschaftlicher Zielstellungen, Erfordernisse, Vorgaben oder Bedürfnisse (Banse & Wendt 1986, S. 13). Das breite Ziel- und Aufgabenspektrum der Technikwissenschaften ist einer der Gründe für Übergangsbereiche – einerseits zu den Naturwissenschaften, andererseits zu den Human- und Gesellschaftswissenschaften. Diese Interdisziplinarität führt zwangsläufig zu einem Wissensaustausch und damit zu einer Wissensintegration in die Technikwissenschaften. Eine solche Integration alternativer Wissensbereiche, etwa aus dem biologisch-medizinischen oder sozial- und geisteswissenschaftlichen Bereich, hat noch keine allzu lange Tradition. Für eine Berücksichtigung humaner, sozialer oder ökonomischer Anforderungen an die Technik ist sie heute jedoch unabdingbar (vgl. Jobst 1995; 2006). Deutlich wird dies beispielsweise am Anspruch der Arbeitswissenschaft nach Analyse, Planung und Gestaltung der technologisch-organisatorischen Bedingungen von Arbeitssystemen unter Berücksichtigung human-sozialer Kriterien.

Es ist diese Rückbindung der Technik an die Gesellschaft, die Wolfgang König (2002, S. 414) dazu veranlasst, die Technikwissenschaften sogar mit Sozialwissenschaften zu vergleichen: „*Zunächst untersuchen die Technikwissenschaften mit der vorhandenen Technik Ergebnisse sozialen Handelns, wenn auch in aller Regel eingegrenzt auf die technische Struktur und Funktion. Dies wiederum erfordert einen Rückgriff auf Ziele, die auch als technische Ziele aus sozialen abgeleitet sind. Und schließlich erkunden die Technikwissenschaften Möglichkeitsräume für neue technische Gegenstände, was ebenfalls die Rezeption sozialer Ziele, Normen, Werte und Bedürfnisse voraussetzt.*“

Ein Wissenstransfer existiert freilich auch in die andere Richtung. So weisen etliche Disziplinen, die nicht zwangsläufig in die Nähe technischer Wissenschaften gerückt werden können Bezüge zu technikwissenschaftlichen Disziplinen auf – sowohl was Forschungsfragen als auch Inhalte und Methoden anbelangt.

Besonders wenn es um die individuellen, sozialen und ökonomischen Voraussetzungen, Zwecke und Effekte der Technik geht, sind somit Erkenntnisse von verschiedenen anderen Disziplinen zu erwarten. Johannes Müller (1990, S. 16) macht dies an den schöpferischen Problemlöseprozessen der Ingenieurarbeit deutlich, für die er Hilfestellungen aus unterschiedlichen Disziplinen reklamiert (s. Abb. 5.1). Dass verschiedentlich ein Bedürfnis nach Querschnittswissenschaften besteht, die von vorneherein einen etwas weiteren Blick auf die Technik werfen, zeigt sich etwa im Bereich der Berufsbildung. Hier hat sich ausgehend vom Postulat, dass die gewerblich-technische Berufsarbeit inhaltlich nicht ausschließlich als Derivat der Ingenieurtätigkeit betrachtet werden kann, die Auffassung formiert, dass eine eigenständige Bezugswissenschaft notwendig sei, die eine Verknüpfung der Berufsarbeit mit relevanten Sachgebieten beziehungsweise Technologien unter dem Ziel der Bildung ermöglicht. Da Ingenieurwissenschaften, Arbeitswissenschaften, Industriesoziologie, Arbeitspsychologie, Sozialwissenschaften und selbst die Berufspädagogik nur bedingt Antworten für Fragen in Bezug auf die Entwicklung beruflicher Curricula, die Gestaltung des Berufsbildungssystems oder einzelner Berufsbilder, die Lehrerbildung und das berufliche Lernen liefern könne, wird eine interdisziplinäre Berufswissenschaft oder auch Berufsfeldwissenschaft eingefordert (Becker & Spöttl 2008, S. 15).

Den Entwicklungsstand solcher Wissenschaften beschreiben Pahl & Ruppel (2008, S. 24) in den einzelnen gewerblich-technischen Bereichen als recht unterschiedlich, für den Bereich Metalltechnik aber als vergleichsweise relativ fortgeschritten. Lipsmeier (2006) merkt jedoch an,

dass die Kreierung von Berufsfeldwissenschaften mit ihrem doppelten Bezugspunkt von Fachwissenschaften und (wissenschaftlich aufbereitetem) Arbeitshandeln (von Facharbeitern) mehr Programm und Wunschdenken als Realität ist.
Neben dem technikwissenschaftlichen Erkenntnis- und Gestaltungsanspruch gegenüber der Technik existiert auch ein gesellschaftlicher Anspruch, die Intentionalität naturwissenschaftlich-technischen Tuns grundsätzlich zu reflektieren. Dafür ist die Zuarbeit weiterer Wissenschaftsdisziplinen unentbehrlich. Denn weder die Naturwissenschaften noch die Technikwissenschaften selbst liefern Antworten, die die Stoßrichtung ihres eigenen Tuns betreffen oder bezüglich der jeweiligen Wendung der Technikentwicklung. „*Diese Fragen beantworten eher die historischen Wissenschaften, insbesondere die Technikgeschichte und – was die aktuellen Forschungsrichtungen anbelangt – die Wissens-, die Forschungs- sowie die Techniksoziologie*“ (Kornwachs 1996, S. 15).

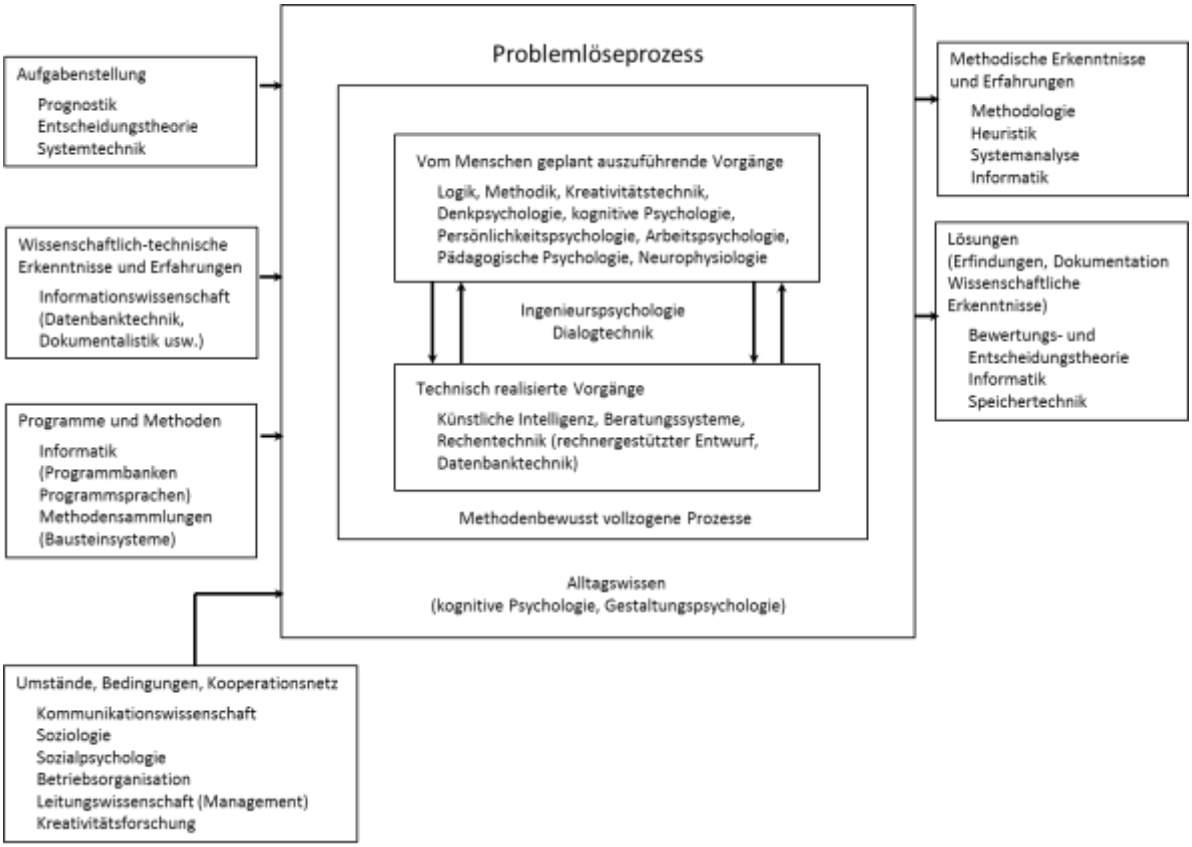

Abb. 5.1: Feld der Möglichkeiten, Problemlöseprozesse des Ingenieurs zu unterstützen (Müller 1990, S. 16)

Ziele und Aufgaben der mit Technik befassten Wissenschaften: Grundsätzliches Ziel einer jeden Wissenschaft ist es zunächst, ihr Tun nach innen und außen hin zu legitimieren. Nach innen in Richtung der *scientific community*, nach außen in Richtung Gesellschaft, gegenüber der nachzuweisen ist, dass zu ihrem Wohl gearbeitet wird. Das Primärziel ist selbstverständlich die fortgesetzte Aufklärung der Wirklichkeit. Die Beweggründe für wissenschaftlichen Fortschritt sind bei den Technikwissenschaften jedoch nicht ausschließlich eigenmotiviert, sondern werden vielfach von Wirtschaft und Staat vorgegeben (vgl. König 2013, S. 67).
Für eine erste Eingrenzung der speziellen Ziele und Gegenstände der Technikwissenschaften hilft eine wissenschaftstheoretische Analyse und Einordnung von Wissenschaftsdisziplinen.

Grundsätzlich kann in diesem Zusammenhang zwischen einer allein am innerwissenschaftlichen Fortschritt orientierten Grundlagenforschung und einer auf außerwissenschaftliche Ziele gerichteten angewandten Forschung unterschieden werden (Zoglauer 1996, S. 78).
Ralf-Stefan Lossack (2006, S. 126f.) zählt unter Verwendung der Forschungseinteilung von Kornwachs (1996) die Naturwissenschaften vorwiegend zur Grundlagenforschung und die Ingenieurwissenschaften vorwiegend zur angewandten Forschung. Während sich der Inhalt der Grundlagenforschung mit dem Auffinden elementarer Gesetze (substantiver Theorien) als Basis für gesichertes Wissen definieren lässt, geht es bei der angewandten Forschung neben substantiven auch um operative Theorien (*know-how*). Damit ist das Regelwissen mit dem Ziel des funktionalen Verstehens genau so gemeint wie das methodische Vorgehen. Hans Poser (2012, S. 318) weist auf die Möglichkeit hin, dass die Theorien der angewandten Wissenschaften trotz ihres Erfolgs in der Praxis im Sinne absoluter Wahrheiten sogar falsch sein können. Für ihn ein Beleg dafür, dass angewandte Wissenschaften eigene Ziele und auch eigene Methoden besitzen. Typisch für die Technikwissenschaften ist zudem die Anbindung an die Praxis, also an das technologische Handeln bzw. Bewirken. Für Kornwachs (1996; 2012) ist dies ein weiterer wichtiger Bereich, aus dem Wissen generiert wird und aus dem sich daher auch Ziele für die Technikwissenschaften ableiten lassen. So können aus der Kenntnis von Naturgesetzen technische Funktionen und Regeln erschlossen werden, aber auch umgekehrt ist es durchaus möglich, dass technische Funktionen erst durch die Praxis entdeckt und dann im Nachhinein durch Abstraktion verdichtet werden (Kornwachs 2012, S. 47f.).
Durch ihre Bindung an die Praxis lassen sich die Technikwissenschaften auch als „Wissenschaften vom Machen“ charakterisieren (Banse 2007, S. 133). König (2010, S.63f.) sieht im Praxisbezug ebenfalls den eigentlichen Unterschied zu anderen Wissenschaften oder Wissenschaftsgruppen. Während nämlich eine Gruppe von Wissenschaften – wie die Naturwissenschaften – grundsätzlich der Welterkenntnis zugewandt sind, ist die vorherrschende Intention der Technikwissenschaften die Weltgestaltung auf der Grundlage vorgegebener sozialer Ziele. Die Komplexität heutiger Fragestellungen stößt allerdings an Erkenntnisgrenzen, die nur durch Interdisziplinarität überwunden werden können. Eine eindeutige Segmentierung der Wissenschaften in solche, die auf Erkenntnis und solche, die auf die Anwendung fixiert sind, ist somit nach Ansicht von Alfred Nordmann (2010) nicht möglich. Besonders die Grenzen zwischen Natur- und Technikwissenschaften sind durchlässig, was Nordmann dazu veranlasst, in diesem Zusammenhang von Technowissenschaften zu sprechen. Die Trennung zwischen dem reinen Entdecken der Naturwissenschaften und dem reinen Erfinden in den Ingenieurwissenschaften scheint dort aufgehoben (Graube 2014, S. 139).
Das gesamte Zielspektrum der Technikwissenschaften unterteilt König (2006b, S. 85) analytisch in praktische, kognitive und soziale Ziele. Als praktisches Ziel wird der Beitrag der Technikwissenschaften zur Gestaltung der technischen Praxis verstanden. Als kognitives Ziel bezeichnet König die Produktion und Überprüfung technikwissenschaftlichen Wissens. Das soziale Ziel der Technikwissenschaften sieht er in der Institutionalisierung der eigenen Disziplinen. Um die Ziele der Technikwissenschaften zu erreichen, gilt es im Einzelnen, die Erkenntnisse, Theorien und Gesetze – vor allem der Naturwissenschaften – aber auch der den Herstellungs- und Anwendungskontext berührenden Human- und Sozialwissenschaften in theoretische Modelle zu überführen, die entweder der Weiterentwicklung der vorhandenen Technik dienen oder bei neuen Systemstrukturen berücksichtigt werden können. Banse (2007, S. 131) beschreibt die Funktion der Technikwissenschaften folgendermaßen: *„Erstens sind technische Charakteristiken existierender technischer Sachsysteme zu erfassen, zu analysieren, zu verallgemeinern sowie nutzungsgerecht aufzubereiten, um so technische Systeme nutzen, verbessern bzw. zweckgerichteter „beherrschen“ zu können. Zweitens sind neue technische Objekte und technologische Verfahren methodengeleitet zu antizipieren und zu planen sowie entsprechend externen Bedingungen zu bewerten, zu gestalten und zu optimieren.“* Ohne Anspruch auf Vollständigkeit

lassen sich zusammenfassend grundsätzlich folgende Ziele der mit Technik befassten Wissenschaften anführen (vgl. Iwanow & Tscheschew 1982; Banse & Wendt 1986; Müller 1990; Jobst 1995; Banse 1996; König 2006b; Kornwachs 2012):

- Überführung der Erkenntnisse sowohl der Naturwissenschaften, als auch der Human- und Sozialwissenschaften in theoretische Modelle für die Antizipation, Hervorbringung und Nutzung technischer Objekte, (sozio-)technischer Systeme und Verfahren,
- Systematische Erfassung, Beschreibung und Ordnung natürlicher und künstlicher Materialien sowie vorhandener oder antizipierter technischer Objekte, (sozio-)technischer Systeme und Verfahren,
- Erfassung und Analyse der (naturwissenschaftlichen) Charakteristika und Wechselwirkungen von natürlichen und künstlichen Materialien sowie technischer Objekte, (sozio-)technischer Systeme und Verfahren,
- Antizipation, Entwicklung, Gestaltung oder Optimierung technischer Objekte, (sozio-)technischer Systeme und Verfahren,
- Entwicklung und Verbesserung von Verfahren zur methodengeleiteten Antizipation, Planung, Gestaltung oder Optimierung technischer Objekte, (sozio-)technischer Systeme und Verfahren inklusiv der
- mathematischen Fundierung und Überführung der Erkenntnisse in verschiedene (nutzungsgerechte) Formen expliziten Wissens (z.B. in Merkmale, Kennwerte, Regeln, Funktionszusammenhänge, Gesetze, Modelle, Theorien, Anleitungen oder Verfahrensschemata),
- Bewertung von Bedingungen und Definition von Anforderungskategorien für eine verantwortungsbewusste Entwicklung und Nutzung technischer Objekte, (sozio-)technischer Systeme und Verfahren (u.a. in Bezug auf Effizienz, Funktionsfähigkeit, Wirkungsgrad, Bedienerfreundlichkeit oder ökologische Aspekte).

Wie eine im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Auswertung von verschiedenen, zufällig ausgewählten Forschungsberichten aus verschiedenen Bereichen der Technikwissenschaften zeigt, geht es in vielen Fällen darum, technische Systeme zu antizipieren und neu zu entwickeln oder bestehende Systeme zu optimieren.

5.2 Untersuchungsgegenstände der mit Technik befassten Wissenschaften

Untersuchungsgegenstände bzw. Inhalte technischer und anderer mit Technik befasster Wissenschaften: Den unmittelbaren Gegenstand der Technikwissenschaften bilden – wie die Aufzählung der Ziele bereits nahegelegt hat – die Mittel, die für die Erreichung spezifischer Ziele stehen, nämlich die technischen Objekte, (sozio-)techischen Systeme, Methoden oder Verfahren. Neben ihrer Erfassung und systematischen Ordnung entlang spezifisch naturwissenschaftlicher Gesetze und technischer Charakteristika, zählt es zu den Aufgaben der Technikwissenschaften, die Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen Objektstrukturen aufzudecken (Funktionen) und in Formen expliziten Wissens zu überführen. In vielen Fällen ist das eigentliche Ziel technikwissenschaftlichen Forschens ja nicht die direkte Umsetzung von Realtechnik, sondern die systematische Vorbereitung ihrer Genese unter der Maßgabe von Effektivität und Effizienz. Dazu bedarf es technologischer Regeln und praxistauglicher Handlungsanleitungen. Für die szientistische Begründung der Technik sind die erforschten Objekt- und Naturbeziehungen für nutzungsgerechte Methoden, Prozesse und Strukturen aufzubereiten. Gängige „Formate“ für das dabei notwendige Wissen sind Diagramme, Tabellen, Kennwerte, integrative Theorien, Modelle oder axiomatische Beschreibungen (vgl. Kornwachs 2013, S. 143).

Die in Diagrammen, Nomogrammen, Normen oder anderen Formen expliziten Wissens niedergelegten Ergebnisse technikwissenschaftlicher Forschungen bilden ihrerseits die Grundlage für technische Arbeitsmethoden.
Technische Arbeitsmethoden integrieren strukturelles, funktionales und prozessuales Wissen. Ein Schwerpunkt der Genese technischer Arbeitsmethoden liegt im Ingenieurbereich auf den Konstruktionstheorien. Auch hier fallen Ziel und Inhalt von Forschungen zusammen. Die Bereitstellung von Handlungsstrategien oder antizipativer Entwürfe soll den Aufwand langwieriger Erprobungen oder zeitraubende Prozesse des „Einfahrens" neuentwickelter Technik verringern helfen (Jobst 1995, S. 14). Dass solche Regeln oder Modelle niemals passgenau für alle Fälle technischen Handelns sein können, ergibt sich vor allem aus der Variationsbreite und Komplexität möglicher technischer Vorhaben.
Damit Technik mit den humanen, sozialen und organisatorischen Bedingungen innerhalb ihres Einsatzfeldes harmoniert, ist sie sowohl an den physischen und psychischen Eigenschaften des einzelnen Menschen als auch an gesellschaftlichen und politischen Anforderungen auszurichten. Etliche der klassischen technischen Forschungsfelder können daher auch aus der Perspektive anderer, als ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen durchdrungen werden.
Die Arbeits- oder Lernpsychologie etwa beschäftigt sich mit Fragen der Verinnerlichung, Repräsentation und Struktur technischer Denkweisen und praktischer Verrichtungen. Probleme der Explizierung technischen Erfahrungswissens sind Gegenstand der Kognitions- und Arbeitspsychologie und zum Arbeitsbereich der Informatik zählt die Entwicklung von Anwendungen, dieses Wissen auch bedarfsgerecht vorzuhalten. Technik ist zudem Gegenstand wissenschaftlicher Auseinandersetzungen in der Politikwissenschaft, Soziologie und natürlich Technikethik. Dabei kann es sich sowohl um Fragen zu den Bedingungen, Anforderungen und Folgen naturwissenschaftlich-technischen Tuns als auch um Fragen zu Vorgehensweisen für das proaktive, begleitende oder reaktive Einschätzen der Technik handeln. Gegenstand solcher Forschungen ist dann zum einen die Technik oder Technologie selbst, zum anderen der Komplex aus Werten und Verfahren zur Technikbewertung, Technikfolgenabschätzung oder Technikwirkungsforschung. Eberhard Jobst (1995, S. 105) fasst diese Aufgaben zum Begriff Technology Assessment zusammen und charakterisiert sie folgenermaßen: „*Im Technology Assessment wird Wissen über die internen und externen Beziehungen (komplexer) technischer Systeme angewendet und erzeugt, um vor allem wissenschaftlich fundierte Entscheidungen über eine sozial und ökologisch verantwortungsbewußte Realisierung artifizieller Lösungen vorzubereiten*" (ebd. S. 106).
Dass sich angesichts der Komplexität aktueller und zukünftiger soziotechnischer Systeme das technische Wissen für Zuflüsse aus anderen Wissenschaftsbereichen öffnen müsse, ist eine von verschiedenen Seiten vorgetragene Forderung (vgl. Kornwachs 1996). Werner Rammert (2013, S. 52) beispielsweise sieht speziell für die interaktive Schnittstellengestaltung die Notwendigkeit, technisches Wissen mit psychologischem, ästhetischem und soziologischem Wissen anzureichern und im Technikentwicklungsprozess zu berücksichtigen.
Die Frage, inwiefern die Technikwissenschaften noch mehr als bisher Mensch und Gesellschaft in den Mittelpunkt ihrer Forschungen stellen sollten, kann hier nicht weiterverfolgt werden. Der Druck zu interdisziplinären Forschungsvorhaben mit entsprechenden Untersuchungsgegenständen ist angesichts der technologischen Herausforderungen aber sicher gewachsen.
Zusammenfassend lassen sich – wieder ohne Anspruch auf Vollständigkeit – folgende Untersuchungsgegenstände der technischen bzw. mit Technik befassten Wissenschaften anführen (vgl. Iwanow & Tscheschew 1982; Banse & Wendt 1986; Müller 1990; Jobst 1995; Kornwachs 2012):

- Natürliche und technologische Prozesse,
- vorhandene oder künstlich hergestellte Materialien, Objekte, Systeme, Verfahren oder Technologien,

- Beziehungen und/oder Wechselwirkung von vorhandenen oder antizipierten Objekten, Objektstrukturen, (sozio-)technischen Systemen und Verfahren,
- (Arbeits-)methoden zur Antizipation, Planung, Gestaltung, Optimierung und effektiven Bewältigung technischer Aufgaben und Systeme,
- interne und externe Beziehungen (sozio-)technischer Systeme und Verfahren,
- Anforderungs- oder Wertungskategorien für (sozio-)technische Systeme und Verfahren.

Die Analyse der bereits erwähnten, zufällig ausgewählten und gesichteten Forschungsberichte aus den Technikwissenschaften deutet darauf hin, dass vorhandene Gebilde und ihre naturwissenschaftliche Charakteristik, besonderes die Beziehungen von Objektstrukturen zu naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten sowie die Definition von Vorgehensweisen für die Entwicklung von Technik das Gros der Untersuchungsgegenstände ausmachen. Eher eine untergeordnete Rolle scheinen in den Technikwissenschaften dagegen Reflexionen über interne und externe Beziehungen technischer Systeme zu spielen.

5.3 Grundsätzliche wissenschaftliche und erkenntnistheoretische Methodenkonzeptionen

Die szientistische Erfassung und Antizipation, die konkrete Erzeugung und die Bewertung der Technik beanspruchen für sich jeweils spezifische aufgaben- und problemangemessene Vorgehensweisen. Diesen wird im Rahmen dieser Arbeit eine Art Modellcharakter für die Methoden technischer Bildung unterstellt. Bevor der Blick jedoch auf konkrete Methoden gelenkt wird, soll in diesem Abschnitt das Erkenntnisproblem an sich näher betrachtet werden. Eine eingehendere Analyse der Fragestellung bzw. der Art des zu klärenden Problems ist deswegen sinnvoll, da sich von dort aus möglicherweise dann ein bestimmter Weg zur Erkenntnis oder ein spezifischer Methodenansatz abzeichnet.

Was soll geklärt werden? Für eine genauere Bestimmung des Objekt- oder Sachbereichs, der mittels einer Methode aufgeschlossen bzw. geklärt werden soll, hilft der Rückgriff auf wissenschafts- oder erkenntnistheoretische Überlegungen. Ein erster Ansatzpunkt ist in diesem Zusammenhang eine grundsätzliche Klärung der Art und des Zustandekommens wissenschaftlicher Erklärungen. Wissenschaftstheoretisch besteht die allgemeine Form einer wissenschaftlichen Erklärung in der Einbettung des zu erklärenden Phänomens in ein umfassendes System, welches in der Wissenschaft durch eine Theorie bzw. ein Modell der Theorie gegeben ist (Balzer 1997, S. 323). Føllesdal et al. (1988, S. 144ff.) unterscheiden drei Arten von Erklärungen: Bei einer Kausalerklärung wird ein Phänomen über seine Ursachen erklärt. Eine Funktionalerklärung dagegen erklärt ein Phänomen ausgehend von seinen Wirkungen. Intentionalerklärungen wiederum dienen zur Erklärung von Handlungen und Entscheidungen von Individuen oder sozialen Gebilden anhand der den Entscheidungen und Handlungen zugrundeliegenden Absichten, Interessen, Präferenzen oder Wünschen. Jede dieser Erklärungsarten hat laut Føllesdal et al. (1988, S. 149) in verschiedenen Wirklichkeitsbereichen und damit auch in wissenschaftlichen Disziplinen eine besondere Stellung. Die Kausalerklärung etwa in der Physik, die Funktionalerklärung in der Biologie und die Intentionalerklärung in den Sozialwissenschaften.
Den bei Føllesdal et al. konkret nicht angesprochenen Technikwissenschaften wird man aufgrund des Wesens der Technik alle drei Erklärungsarten zuschreiben müssen. Kenntnisse über die Eigenschaften technischer Objekte und Verfahren sind ja nicht nur in den Naturwissenschaften zu finden. Funktion und Gebrauch erschließen sich sowohl in der gegenständlich-technischen als auch der sozial-humanen Sphäre. Darauf, dass sich in der Technik kausales und

funktionales Mittel-Zweck-Denken kaum voneinander trennen lassen, weist Zoglauer (1996, S. 87) hin, wenn er bemerkt, dass technisches Wissen stets auch von naturwissenschaftlich-kausalem Wissen abhängig ist.
Gleichwohl kann eine Trennung in kausale und teleologische Erklärungsmuster bei der Suche nach geeigneten methodischen Ansätzen und Konzepten helfen, beispielsweise indem folgende Leitfragen beantwortet werden: Kann das Phänomen, die Sache oder der Inhalt naturwissenschaftlich, technikwissenschaftlich oder sozialwissenschaftlich eingeordnet werden und auf welchen Erklärungsansatz läuft die Beschäftigung deswegen hinaus? Handelt es sich um ein natürliches Gesetz oder eine Regel? Werden Effekte der Technik geklärt oder damit verbundene Präferenzen, Wünsche oder Annahmen? Ein solcher Rückbezug der Fragestellung auf die Qualität der angestrebten Erklärung zeigt unter Umständen bereits einen geeigneten Erkenntnisweg auf.

Grundsätzliche Erkenntnis- oder Methodenansätze der mit Technik befassten Wissenschaften: Will man sich der Auswahl der Erkenntnismethoden der mit Technik befassten Wissenschaften weiter annähern, sind zunächst zwei grundsätzliche wissenschaftstheoretische Positionen zu unterscheiden. Bei der einen handelt es sich um die erfahrungsorientierte oder naturwissenschaftliche Position (Empirie), die von der Beobachtung zur Erklärung der Realität ausgeht. Die andere ist die verstandesmäßige Position, die vom Versuch ausgeht, die Realität umfassend zu verstehen (Hermeneutik). Zwischen dem eher naturwissenschaftlichen Erklären und dem eher geistes- und sozialwissenschaftlichen Verstehen existieren freilich vielfache Verbindungen. Beispielsweise müssen bei beiden Erkenntniskonzepten jeweils Grundannahmen über das Forschungsfeld vorliegen. Allerdings bleiben die Grundannahmen und Hypothesen bei der empirischen Herangehensweise zunächst fixiert, da sie entweder verifiziert oder falsifiziert werden sollen. Der hermeneutische Ansatz hingegen ist offener, eine Ausgangstheorie kann sich im Laufe des Erkenntnisprozesses weiterentwickeln. Obwohl üblicherweise hauptsächlich in den Geisteswissenschaften beheimatet, sieht Hans Poser (2012, S. 325ff.) die Hermeneutik sowohl in der Technik als auch in den Technikwissenschaften fest verankert. Zum einen in der faktischen Handlung, nämlich bei der Interpretation des angestrebten Zustandes. Zum anderen im technikwissenschaftlichen Handeln, das ohne eine In-Beziehung-Setzung zweier Zustände nicht auskommt. Das Eigentümliche an der Technikhermeneutik sieht er darin, dass sie im Gegensatz zur Suche nach Erkenntnis in den Naturwissenschaften nicht auf universelle Wahrheiten abzielt, sondern den jeweils lokalen Bedingungen verpflichtet bleiben muss. Dies verlange, so Poser, dass der Ingenieur zu etwas in der Lage ist, was man normalerweise als die besondere Qualifikation des Geisteswissenschaftlers ansieht, nämlich eine gegebene Situation in ihrer Einzigartigkeit zu verstehen.
Von der empirischen Erkenntnisgewinnung in Naturwissenschaft und Technik ist zudem die Theoriebildung abzugrenzen. Theorien werden mit dem Ziel entwickelt, formalisierte Modelle der Realität zu schaffen. Der Charakter dieser Modelle ist entweder erklärend, prognostisch oder strategisch-operativ. Damit werden unterschiedliche Bewegungen des Denkens sowie daraus resultierende Formen des Wissens berührt. Während es bei der Empirie um ein überwiegend Fakten feststellendes Wissen geht, das sich auf direkt oder indirekt beobachtbare Sachverhalte einschließlich intuitiver Einsichten bezieht, muss der Erkenntnisweg bei der Theoriebildung bisweilen ohne die beobachtbare Realität auskommen. Sie vollzieht sich dann im Spannungsfeld zwischen subjektunabhängigem Abbild und intrasubjektiver Konstruktion. Besonders dort, wo Forschung und Entwicklung komplex und teuer sind, etwa bei technischen Großprojekten, geht die Theorie der eigentlichen Realisierung immer voraus (Banse 1986, S. 24; Kornwachs 1996, S. 16f.; Banse 2007, S. 139).
Die ursprünglichste Form für technische Erkenntnis ist jedoch das konkrete technische Handeln. Ausprobieren, tüfteln, herumspielen, vergleichen und Handlungsmöglichkeiten systema-

tisieren – das alles zeichnet die Praxis aus und verbindet sie gleichzeitig mit den anderen Formen der Erkenntnisgewinnung (vgl. Kornwachs 2015, S. 42).

Freiraum und Disziplinierung – „Gelenkte" Kreativität als Quellen technischer Hervorbringungen: Im wissenschaftlichen Betrieb Neues zu finden oder zu entdecken wird üblicherweise als Resultat systematisch-analytischer Arbeit gesehen. Dagegen sind Kreativität, Phantasie oder Intuition Phänomene, die zunächst außerhalb der traditionellen Bahnen wissenschaftlicher Methodologien angesiedelt werden. Dabei liegt alles eng beieinander, wie bereits Wilhelm Ostwald (1909, S. 47) bei seiner Analyse „grosser Männer" feststellt. Phantasie ist seiner Ansicht nach zwar eine der am frühesten angelegten Eigenschaften berühmter Forscher, die freilich dann durch tiefe und weite Erfahrungen diszipliniert werden muss. Eine enge Verbindung besteht auch durch die Programmatik der Wissenschaften. Zu ihren Aufgaben gehört es, Lösungen für Probleme herbeizuführen. Die dazu erforderliche Problemlösefähigkeit wird dem Kern dessen zugerechnet, was Kreativität ausmacht. Wissenschaft und Forschung sind demnach ohne Phantasie und Kreativität gar nicht denkbar. Wissenschaftliches Voranschreiten allein auf der Grundlage einer apriorischen Methodologie würde sich– wie Tomáš Sedláček (2012, S. 378) zwar in einem anderen Kontext bemerkt – gegenüber der Wissenschaft selbst als zerstörerisch erweisen. Bei einer solchen optionalen Engführung bestünde nämlich die Gefahr, auf Systemveränderungen nicht mehr angemessen zu reagieren. Kreativität und Phantasie können methodologisch daher als produktive Begleiter bezeichnet werden etwa, wenn Erkenntnisprobleme neu formuliert und mit neuen methodischen Ansätzen bearbeitet werden. Die Voraussetzung dafür ist die Fähigkeit, alte Denkgewohnheiten und bisherige Sichtweisen aufzugeben und neue Verknüpfungen oder Beziehungen zwischen gegebenen Daten aufzufinden. Soll ein wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritt erreicht werden, muss die Phantasie von Forschern allerdings Kriterien der Wissenschaftlichkeit genügen (Parthey 2013, S. 22).
Zwischen dem methodischen Vorgehen einerseits und Phantasie oder Kreativität andererseits bestehen demnach enge Verbindungen. Im Unterschied zur eher zufälligen Entdeckung beruht gerade die technische Erfindung oft auf einem planmäßigen Entwicklungskonzept mit einem zumeist vorher abgesteckten Zielraum, ist also das Ergebnis technischer Kreativität. Sowohl Entdeckung als auch Erfindung brauchen spezifisches Wissen über einen bestimmten Sachbereich, besondere kreative Fähigkeiten sowie die entsprechende Einstellung. Zudem kommt die Entstehung des technisch Neuen aufgrund hoher Komplexität selten ohne Gemeinschaftsarbeit aus, wie Günter Spur (2013, S. 86) bemerkt.
Das Ergebnis wissenschaftlich motivierten technischen Schaffens ist daher nicht immer nur einfach eine Folge der Anwendung szientistischer Methoden und auch nicht immer nur Folge von Phantasie, Intuition oder Geistesblitzen (vgl. Gruschka 2009, S. 15). Der Einsatz von kreativitätsfördernden Techniken und Methoden gilt gar als Beweis dafür, dass sich Intuition und Phantasie mit regelgeleitetem Vorgehen versöhnen lassen. Um Intuition, Phantasie oder Kreativität anzuregen, muss dem Denken zwar genug Freiraum eingeräumt werden, was allerdings Zielvorstellungen nicht gänzlich ausschließt. Nach Sikora (1976) beispielsweise bauen alle im schöpferischen Problemlösungsprozess eingesetzten Methoden auf bestimmten Prinzipien auf. Dazu zählen das Prinzip der verzögerten Bewertung, das Prinzip der Verfremdung und das Prinzip des spielerischen Experimentierens. Ergänzen lassen sich diese Prinzipien durch den Einsatz bestimmter Heuristiken, die bei der Ideenfindung eine besondere Rolle spielen: Hierzu zählen Auflistungen, Kombinationen, Abstraktionen, explorative und normative Umschau, semantische/syntaktische Umformung oder freie Assoziation (Schlicksupp 1977).

5.4 Wissenschaftliche Erkenntnis- und Gestaltungsmethoden

Wissenschaft und Forschung beziehen sich auf Probleme und widmen sich der Fragestellung, wie die Probleme einer Lösung zuzuführen sind. Eine technikwissenschaftliche Problemlösung kann entweder das Ziel wissenschaftlich-theoretischer oder wissenschaftlich-praktischer Arbeit sein. Einmal geht es um Erkenntnis über die Technik, das andere Mal um Gestaltung der Technik (vgl. Banse et al. 2006, S. 238). Ein Problem ist u.a. dadurch gekennzeichnet, dass Mittel und Wissen zur Lösung noch nicht vorhanden sind. Eine solche Ausgangssituation ist vergleichbar mit der eines Lernenden. Struktur und methodisch geleitete Erkenntnistätigkeit von Forschungsprozessen können daher in gewisser Weise als „Blaupausen" für Lernprozesse dienen. Die Übertragung einer genau an der technikinduzierten Aufgabenstellung orientierten und wissenschaftlich erprobten Methodik auf die Lernsituation, verspricht eine Effektivierung des Lernprozesses und damit eine gewisse Lernhilfe.
Jede Forschung beginnt damit, das Problem überhaupt erst zu finden, zu konkretisieren und von anderen Aspekten soweit abzusondern, bis der ursächliche Charakter für daraus folgende Probleme deutlich wird. Dazu bedarf es einer klaren Problemerkenntnis und -formulierung. Aus diesem Prozess lassen sich in der Regel bereits Annahmen oder Hypothesen ableiten, die es im weiteren Verlauf methodisch zu überprüfen gilt. Aus den gewonnenen Ergebnissen können dann ggf. Erkenntnisse und Handlungsvorschriften abgeleitet werden. Die eigentliche Erkenntnistätigkeit vollzieht sich im Rahmen der Methoden, die nun etwas näher charakterisiert werden sollen.

Methodengefüge in den Technikwissenschaften: Im eigentümlichen Wesen der technischen Sphäre begründet liegt auch die spezifische Charakteristik der Erkenntnistätigkeit: Sie stützt sich gleichermaßen auf eine praktisch-konkrete wie theoretisch-abstrakte Aneignung der Wirklichkeit. Die einzelnen Operationen oder Tätigkeiten, die in der Summe zu Erkenntnis über einen bestimmten Sachverhalt führen, formieren sich in den Technikwissenschaften – wie in anderen Wissenschaftsdisziplinen auch – zu anerkannten Methoden beziehungsweise zu einer gebräuchlichen Methodik. Eine einheitliche Wissenschaftstheorie oder grundlegende Methodologie technischer Verfahren oder Handlungsweisen zu definieren, ist dagegen aufgrund der Differenziertheit der Technikwissenschaften schwierig (Banse 1996, S. 110).
Zum methodischen Repertoire der Technikwissenschaften sind zum einen die komplexen Erkenntnis- bzw. Forschungsmethoden zu zählen, mit denen grundsätzliche (neue) Einsichten über technische Artefakte, Sachsysteme oder technische Handlungen gewonnen werden können. Zum anderen zählen zum technikwissenschaftlichen Repertoire aber auch solche Erkenntnis-, Arbeits- oder Gestaltungsmethoden, die sowohl in Forschungsprozessen, als auch bei der Bewältigung konkreter technischer Aufgaben zum Einsatz kommen. Gerhard Banse (1986, S. 180) nennt sie elementare Methoden. Zu ihnen können einerseits die vorrangig kognitiv gerichteten Methoden gezählt werden, wie die Analogiebildung, der Vergleich, die Analyse oder Synthese und andererseits solche, die einen eher praktischen Anstrich besitzen, wie das Zerlegen, Zusammenfügen oder Kombinieren, das Messen, Protokollieren oder Skizzieren (vgl. dazu auch Orloff 2006, S. 21). Zu ihrem spezifisch „technischen" Zuschnitt gelangen die elementaren Methoden allein durch die Aufgabenstellung. Die technikbezogene Erkenntnistätigkeit kann daher als Abfolge verschiedener, in ein Methodengefüge integrierter und auf die technischen Untersuchungsgegenstände bezogener Teiloperationen beschrieben werden.

Empirische und theoretische Erkenntnismethoden: Nicht nur für den naturwissenschaftlich-technischen Bereich bilden Beobachtung, Beschreibung oder bildliche Veranschaulichung Urformen der Erkenntnistätigkeit. Je nachdem welche apparativen und theoretischen Voraussetzungen bereitgestellt werden, lassen sich verschiedene Beobachtungstypen unterscheiden: Die Beobachtung allein mit einem terminologisch normierten Begriffssystem, die Beobachtung mit

Messgeräten oder die Beobachtung eines Experimentalverlaufs (vgl. Janich 1996, S. 47). Die Beobachtung als wissenschaftliche Methode setzt ein gewisses Vorverständnis voraus. Damit die interessierenden Parameter eines Objekts beobachtet werden können, muss vorher eine genaue Ziel-, Objekt- und Mittelwahl erfolgen (Banse 2006, S. 253). Messverfahren stellen im technikwissenschaftlichen Methodenrepertoire ein wichtiges Bindeglied zwischen den mathematischen und den experimentellen Methoden dar. Ihre Bestimmung ist es, zu Regeln und Hypothesen zu gelangen, Hypothesen zu überprüfen oder zur Überprüfung von Gesetzesaussagen, Modellen, technischen Entwürfen oder Strategien beizutragen (ebd., S. 253f.).

Das Experiment zählt mit zu den wichtigsten Methoden der Wissensgewinnung im empirisch-theoretischen Bereich. Der Wert für die Erkenntnisgewinnung in der Technik ist zweierlei. Zum einen werden vorhandene theoretische Modelle und Theorien überprüft, zum anderen kann die In-Beziehung-Setzung naturwissenschaftlich-technischer Parameter und Zustände über das Experiment zu einer neuen Theorie führen beziehungsweise eine bereits bestehende verbessern helfen. Eine weitere Quelle empirischer Erkenntnisse sind praktische Erfahrungen.

Wie bereits dargelegt, kann die Theoriebildung auch ohne ein belastbares Fundament empirischen Wissens auskommen. Sie äußert sich dann als Konstruktion ideeller Beziehungen zwischen ideellen Objekten. Ausgangspunkt sind auch hier wieder Problemerkenntnis und Problemformulierung. Zum Einsatz kommen elementare Methoden wie Induktion, Analogieschluss, Generalisierung bis hin zu mathematisierten Ableitungen und (computergestützten) Modellsimulationen. Bei alledem spielen für die Theoriebildung immer auch schöpferisch-kreative und intuitive Vorgänge eine Rolle. Oftmals werden mehrere Entwicklungsstadien durchlaufen: Von einer rein qualitativ erläuternden Darstellung der Zusammenhänge über eine quantitative Erfassung wesentlicher Zusammenhänge bis hin zur formalisierten Theorie (Banse 1986).

Eine Besonderheit naturwissenschaftlich-technischer Methoden stellt die Mathematisierung dar. Gerhard Banse (2007, S. 140) zeigt dies an zwei grundsätzlichen Lösungswegen bei der Bewältigung technischer Aufgaben auf. Einmal kann von mathematischen Gleichungen ausgegangen werden, aus denen bestimmte Einzelzustände abgeleitet werden oder es werden durch Messung bestimmter Einzelzustände Daten generiert, die dann die Ableitung bestimmter Funktionsgleichungen ermöglichen.

Eine realistische Erfassung komplexer technischer Probleme ist heute oft nur mehr durch die Arbeit an Modellen zu bewerkstelligen, die dann mit den Mitteln der Mathematik beschrieben und untersucht werden können. Je nach Komplexitätsgrad erfolgt dies auch durch computergestützte Simulationen. Überhaupt verändert sich das methodische Rüstzeug der Technikwissenschaften in vielen Bereichen hin zu einer Wissenstechnik, in der umfangreiche Datenbestände und Theorien miteinander in (experimentelle) Beziehungen gesetzt werden. Wissenschaftspraktisch sind Empirie und Theoriebildung daher nicht unbedingt voneinander zu trennen (vgl. Reuter 2011).

Während in den „klassischen“ Technikwissenschaften der Fokus der Untersuchungen auf den Beziehungen oder Wechselwirkungen komplexer Objektstrukturen, naturwissenschaftlicher Gesetze oder prozessualer Abläufe von Objektsystemen liegt, zielen human- oder sozialwissenschaftliche Fragestellungen eher auf ideelle Voraussetzungen, psycho-physische oder volitionale Bedingungen sowie gesellschaftlich-politische Abhängigkeiten der Technik. Für derartige technikbezogene Forschungsfragen etwa im Bereich der Arbeitsanalyse kommen – wie in den Sozialwissenschaften üblich – quantitative Methoden der Datenerhebungen zum Einsatz, beispielsweise Beobachtungen, Befragungen und Messungen. Zur Erfassung sozialer oder kultureller Effekte der Technik eignen sich quantitative Verfahren allerdings nicht in jedem Fall. Hier finden qualitative Verfahren wie die Dokumenten- oder Inhaltsanalyse sowie die teilnehmende Beobachtung ihr Anwendungsfeld.

Gestaltungsmethoden - ingenieurmäßige Arbeitsmethoden: Neben den basalen Formen der Erkenntnistätigkeit sowie komplexeren Methoden existieren in den mit Technik befassten Wissenschaftsdisziplinen eine ganze Reihe von (Arbeits-)methoden im Umgang mit Technik oder technischen Problemen, die besonders für die Ingenieurarbeit eigentümlich sind. Entsprechende Methoden beziehen sich oftmals auf den technischen Entwurfs- bzw. Konstruktionsprozess und weisen zwei Charakteristika auf: Zum einen ist Wissen aus unterschiedlichen, auch nichttechnischen Bereichen zu organisieren bzw. fehlendes Wissen zu generieren, zum anderen muss beschreibendes Wissen in konkrete Handlungsanleitungen übersetzt werden. Es liegt in der Natur des technischen Entwurfsprozesses, dass der Wissens-Organisationsprozess kreative und auf Intuition, Phantasie, Erfahrung und Kompetenz beruhende Züge aufweist, also nicht immer linear abläuft. Müller (1990, S. 20f.) gliedert das Handeln des Ingenieurs in drei Ebenen. In Handlungsebene 1 finden Arbeitsprozesse physischer oder informatorischer Art unter natürlichen und technischen Gegebenheiten statt. Das Ergebnis sind materielle Erzeugnisse. Über dieser Ebene liegt die Planungsebene, in der durch „vorzugsweise intelligente“ Tätigkeiten und unter Einbeziehung technikwissenschaftlicher Ergebnisse alle Arten von Entwürfen für den Vollzug in der ersten Ebene bereitgestellt werden. Eine weitere Handlungsebene über Ebene 2 ist dann erforderlich, wenn die Tätigkeiten in Ebene 2 nicht elementar sind, bzw. routiniert ablaufen können. Auf dieser Ebene werden dann erst die Arbeitsmethoden für die Ebenen darunter entwickelt und bereitgestellt.

Gestaltungsmethoden in der technischen Praxis: Technisches Handeln umfasst den zielgerichteten und systematischen Prozess der Gewinnung technischen Wissens und natürlich das technische Bewirken an sich. Für Peter Janich (1996, S. 68) sind es gerade die vor- und außerwissenschaftlichen Praxen, durch die die Gegenstände der Wissenschaften erst konstituiert werden. Zum Einsatz kommen dabei lehr- und lernbare Methoden und Fachsprachen, die sich seiner Meinung nach von den wissenschaftlichen Methoden und Fachsprachen hauptsächlich deswegen unterscheiden, weil sie durch ihre Bewährung in der Praxis keiner weiteren metasprachlichen Explikation oder Rechtfertigung bedürfen und außerdem nicht a priori subjektunabhängig sind.
Im Bereich der materiellen Erzeugung oder direkten Interaktion mit der Technik – wie sie etwa bei der gewerblich-technischen Facharbeit anfällt – unterliegt die methodische Struktur der Vorgehensweise generell dem spezifischen Profil einzelner Arbeitsaufgaben (z.B. Fertigungs-, Wartungs-, Instandhaltungsaufgabe). Die Handlungsfolgen werden ggf. außerdem von komplexen übergeordneten Abläufen bestimmt. Dazu zählen Geschäfts-, Arbeits- oder Forschungsprozesse und insbesondere spezielle Fertigungsverfahren und -prozesse. Eine einheitliche Struktur von Arbeitsaufgaben, die dann auch eine eindeutig hinterlegte Methode vermuten lassen, wird daher durch die jeweiligen kontextuellen Bedingungen erschwert. Die Grundstruktur methodischen Handelns bei solchen Aufgaben kann jedoch mit folgenden Schritten charakterisiert werden: Planung, Entscheidung, Durchführung sowie Kontrolle und Bewertung. Die Durchführungsphase wird im Bereich der Fertigung durch das gewählte Fertigungsverfahren, im Bereich der Wartung und Instandhaltung durch die Morphologie der technischen Systeme bestimmt. Grundlegende Verfahren besonders im Bereich der Verfahrens- oder Fertigungstechnik sind aus physikalischen oder chemischen Gründen nur um den Preis des Misserfolgs in eine andere Reihenfolge zu bringen. Methodisches Vorgehen basiert daher auf dieser Ebene oftmals auf vorher exakt definierten Abläufen, für deren Variation dann nur geringe Spielräume existieren. Wie bereits angesprochen, sind Handlungen im Bereich der Fertigung, Wartung oder Instandsetzung technischer Systeme aber durchaus selbst als Methode zur Wissens- und Erkenntnisgenerierung anzusehen. Oftmals sind nämlich technische oder auch organisatorische Randbedingungen nicht anderes als durch konkretes Handeln zu erheben. Die reale Erstellung von technischen Artefakten, das Probehandeln, der Bau von Modellen sowie das Testen einer Kreation im realen Umfeld können zu Erkenntnissen führen, die auf andere Art und Weise nur schwer oder

gar nicht gewonnen werden können. Konkretes technisches Tun und Gestalten sind damit wichtige Quellen technikwissenschaftlichen Erkennens und Wissens (vgl. Kornwachs 2012, S. 54). Die methodische Struktur von Arbeitsaufgaben ist selbst Forschungsgegenstand beispielsweise in den Arbeits- oder Berufswissenschaften bzw. in der sozialwissenschaftlich ausgerichteten Qualifikationsforschung. Dabei kommen die bereits oben aufgeführten Methoden der quantitativen und qualitativen Sozialforschung zum Einsatz.

Intuitiv-heuristische Gestaltungsmethoden – Kreativitätstechniken: Um in der Technik Neues zu schaffen, bedarf es nach Günter Ropohl (2006, S. 111) der Verknüpfung einer Funktionsidee mit Potenzialkenntnis. Das technische Gestaltungsproblem zur Schaffung von Neuem umfasst seiner Auffassung nach daher drei Teilprobleme, die sich in folgende Fragen kleiden lassen: *„Wie entdeckt man menschliche Handlungs-, Arbeits- und Erlebensfunktionen, die einer Technisierung zugänglich scheinen? Wie findet man menschliche oder wissenschaftlich-technische Potenziale, mit denen die identifizierten menschlichen Nutzungsfunktionen sachtechnisch verwirklicht werden können? Wie gelangt man zu einer Verknüpfung von Funktionsidee und Potenzialkenntnis, die eine innovationsträchtige Lösung in Aussicht stellt?“* (ebd. S. 111f.) Jede neue Erfindung, jede neue Entwicklung ist ein mehr oder weniger deutlicher Beleg dafür, dass das technische Schaffen von Ingenieuren, Architekten, Handwerkern oder Designern Kreativität einfordert. Es stellt sich sogar die Frage, ob Denken überhaupt ohne Kreativität gedacht werden kann (vgl. Funke 2008). So gesehen lässt sich jede Erkenntnismethode als Werkzeuge zur Förderung der Kreativität betrachten. Es liegt aber gerade in der Wesenheit der Kreativität, dass herkömmliche Pfade verlassen werden müssen, um sie ausdrücklicher zu aktivieren. Das gilt für die kreativitätsfördernden Rahmenbedingungen genauso wie für die sogenannten Kreativitätstechniken (vgl. Hacker 1998, S. 570ff.). Obwohl für entsprechende Techniken zur Förderung intuitiv-kreativer Prozesse eine eindeutige wissenschaftliche Legitimation zumeist noch aussteht, ja ihr Nutzen zuweilen sogar bestritten wird, zählen etliche Verfahren zur Praxis im technischen und technikwissenschaftlichen Bereich (vgl. Warschat, Schimpf & Korell 2015; Schmitz 2017).

In intuitiv-kreativen Denkprozessen spielen bewusstseinspflichtige Suchvorgänge sowie im Unterbewusstsein repräsentierte, aber nur schwer zu versprachlichende Wissensbestände und Ahnungen zusammen. Das Wechselspiel zwischen dem so genannten impliziten Wissen und explizierbaren Wissensbeständen anzuregen und für Problemlösungen nutzbar zu machen, ist das Ziel von Kreativitätstechniken (vgl. Wengenroth 2006). Freilich lassen sich auch kreative Ideen nicht einfach aus dem vorhandenen Wissen schöpfen, wenngleich verschiedene Ablaufmodelle zu kreativen Prozessen dies glauben machen wollen. Eine notwendige Vorarbeit hierfür ist eine eingehende Problemkonturierung. Zudem basieren Kreativitätstechniken auf elementaren Methoden: Analyse oder Zerlegung, Zusammenfügen, Kombinieren oder Synthetisieren, Induktion und Deduktion sowie Analogien und Formänderungen sind die gedanklichen Werkzeuge kreativer Prozesse. Eine besondere Stellung nimmt in diesem Zusammenhang das technische Skizzieren ein. Es dient im kreativen Prozess zur geistigen Entlastung oder als Informationsspeicher. Aufgrund der Wechselbeziehung zwischen gedanklicher und äußerer Bewegung ist es ein wirksames Hilfsmittel (Glotzbach 2013, S. 118).

Eine grundsätzliche Option, um kreatives und intuitives Denken anzuregen, stellt zudem die Analyse der im Zusammenhang mit dem Problem bereits erfolgten Ideen und Fehlschläge dar (Banse 1986, S. 41f.). Methodisch unterstützt werden kann die Suche nach Neuem außerdem durch die Analyse natürlicher Systeme (Bionik), die Galeriemethode, Mindmapping oder die Auswertung von Patenten. Orloff (2006, S. 30ff.) nennt zusätzlich folgende Methoden: Focal Objects, Synektik, Lateral Thinking, das Neurolinguistische Programmieren sowie die Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ).

Intuitiv-heuristische Gestaltungsmethoden –Bewertungsmethoden: Kreativität im Denken

fordern auch etliche Methoden im Rahmen des *Technology Assessment* ein. Dabei handelt es sich um Methoden, mit denen Fragen von Technikbewertung, Technikfolgen und Technikrisiken angegangen werden. Grunwald (2002, S. 206 f.) unterteilt sie in solche, die

- der Mobilisierung von Kreativität für die Findung relevanter Fragestellungen und Untersuchungsgegenstände (z.B. Brainstorming und morphologische Matrix),
- der Heranziehung von Expertenwissen (z.B. Interviewverfahren, Delphi-Verfahren),
- der Entwicklung von Systemverständnis, der Klärung relevanter Zusammenhänge und Kausalverhältnisse oder Korrelationen (z.B. Risikoanalyse, Stoffstromanalyse, Ökobilanz, Input &Output-Analyse),
- der Strukturierung der Zukunft und der Bereitstellung von relevantem Zukunftswissen (z.B. Trendexpolation, Modellierung und Simulation, Scenario-Technik) sowie
- der Aufstellung einer argumentativen „Landkarte“ der normativen Struktur des Problems als Grundlage für die Bewertung (z.B. Diskursanalyse und –rekonstruktion, Wertbaumanalyse) dienen.

Mit zunehmender Komplexität soziotechnischer Systeme wächst die Bedeutung rechnergestützte Verfahren für die Zwecke der Technikfolgenabschätzung. Die Motivation für den Einsatz solcher Systeme liegt beispielsweise in der dynamischen Modellierung sozioökonomischer Systeme begründet. Erwartet werden Erkenntnisse zu Prozessen des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wandels. Entsprechende Softwarelösungen für die sogenannte agentenbasierte Modellierung und Simulation (ABMS) kommen in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften bereits zum Einsatz (vgl. Weyer & Roos 2017).

5.5 Zusammenfassung

Aus der Auseinandersetzung mit den Forschungs-, Erkenntnis- oder Arbeitsmethoden der mit Technik befassten Wissenschaften können verschiedene Aspekte für den technikdidaktischen Methodendiskurs gewonnen werden. Zwar wird man aus der Analyse der wissenschaftlichen Erkenntnis- und Forschungsmethoden keine generellen Schlüsse für die ja auch mit unterschiedlichen Zwecken aufgeladenen Unterrichtsmethoden erwarten dürfen. Dies hat einerseits mit der Ausrichtung wissenschaftlicher Fragen auf einen kleinen Ausschnitt der Wirklichkeit zu tun, andererseits mit der Komplexität von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten. Johannes Wildt (2009, S. 4) weist außerdem darauf hin, dass sich Forschen und Lernen durch die Bezugssysteme unterscheiden, vor denen die gewonnenen Erkenntnisse interpretiert werden. Auf der einen Seite handelt es sich beim Bezugssystem um den individuellen Lerngewinn, auf der anderen Seite um den wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn. Gleichwohl bemerkt Wildt, dass genauso wie individuelles Lernen beim Forschen möglich ist, es auch zu wissenschaftlichem Erkenntniszugewinn beim Lernen kommen könne.
Der weite Komplexitätsraum sowie die Unschärfe, die für die Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse konstitutiv sind, können daher grundsätzlich mit der Ausgangsposition eines Lerners verglichen werden. Zunächst gilt es, den Blick auf ein Ausgangsproblem zu schärfen, also Ziele eines möglichen Erkenntnisvorganges oder Lernprozesses zu analysieren. Sind auch die eigentlichen Untersuchungsobjekte identifiziert, können Struktur und Methoden von Forschungsprozessen weiter als Referenzmodelle für Lernprozesse fungieren. Besonders dort, wo es um inhaltlich klar definierbare Fragestellungen geht, sind direkte Anleihen aus der wissenschaftlichen Methodologie hilfreich, um sich analog zum Forscher Wissen entdeckend anzueignen. Dazu muss das vorhandene Repertoire der Verstandestätigkeit aktiviert und methodisch operiert werden (Gruschka 2009, S. 16). Je nach Ausgangsproblem ist zu entscheiden, ob Schwerpunkte und Methoden der Erkenntnistätigkeit innerhalb empirischer, hermeneutischer oder theoretischer Vorgehensweisen zu suchen sind. In der Folge dieser Entscheidung lässt sich

auf ein erprobtes Methodenrepertoire zurückgreifen.
Die weniger komplexen Erkenntnis- und Arbeitsmethoden bilden einen Großteil des prozeduralen Wissens des „Technikers“. Wenngleich sie in einer auf spezielle technische Probleme fixierten Form für eine allgemeine technische Bildung nur teilweise Modellcharakter für sich beanspruchen können, besitzen sie durch ihren heuristischen Kern einen bedeutsamen Bildungswert. Müller (1990, S. 142) beispielsweise beschreibt recht ausführlich Methoden zur Präzisierung der Aufgabenstellung, Methoden zur problementsprechenden Planung intelligenter Arbeitsprozesse sowie Methoden zum Informationsgewinn. Für das empirische Herantasten an technische Probleme und Aufgaben stellen die vorbereitete Beobachtung, die nach spezifischen Verfahren durchgeführte Messung oder das hypothesenüberprüfende Experimentieren wichtige Methoden dar. Die an die ingenieurmäßigen Arbeitsweisen angelehnten Methoden für technische Entwurfs- oder Konstruktionsprozesse stellen eine weitere Option dar, Technik strukturell zu begreifen und zu erschließen.
Wie ein Vergleich des Methodenrepertoires der mit Technik befassten Wissenschaften mit demjenigen der Technikdidaktik außerdem zeigt, sind etliche Methoden mit intuitiv-heuristischem Charakter noch unzureichend im technikdidaktischen Diskurs präsent. Dazu zählen beispielsweise Kreativitätstechniken oder Methoden der Technikbewertung bzw. Risikofolgenabschätzung.
Perspektiven für das Methodenrepertoire technischer Bildung zeigen sich zudem in der Auswertung von Forschungsberichten. Neben dem Experiment, dem Messen von objektspezifischen Kennwerten, der Durchführung von Tests oder dem Bau von Prototypen, Versuchsständen oder Modellen könnte in Zukunft die mathematisch-statistische Untersuchung von Daten sowie der Einsatz von computergestützten Simulationen zur Modellierung wirtschaftlicher oder gesellschaftlicher Folgen der Technik eine größere Rolle im Bereich technischer Allgemeinbildung spielen.
Trotz der Ähnlichkeit der verstandesmäßigen Auseinandersetzung des Lernenden mit dem was ein Forscher tut, geht es bei der Anwendung von Methoden in Bildungsprozessen nicht vorrangig um das Neuerfinden oder Neugewinnen von Theorien und Erkenntnissen. Der Lernende soll sich hierbei ja nicht nur dem Inhalt, sondern auch der Methode selbst annähern. Dies unterscheidet den Lernprozess vom technikbezogenen Forschungs- oder Gestaltungsprozess, in dem methodenerfahrene Wissenschaftler oder Angehörige technischer Berufe agieren.
Für die Auseinandersetzung mit dem wissenschaftlichen Methodenrepertoire in der technischen Allgemeinbildung braucht es ein pädagogisch-didaktisches bzw. lernpsychologisches „Stützkorsett“.

Methoden aus wissenschaftstheoretischer Sicht			
...dienen der Realisierung folgender...	...ermöglichen Aneignung und Durchdringung folgender	...fördern grundsätzlich den Aufbau von...	..unterstützen konkret den...
Ziele	Inhalte	Erkenntnis	Lernprozess
• Überführung wiss. Erkenntnisse in theoretische Modelle und Formen expliziten Wissens für die Antizipation, Hervorbringung und Nutzung von Technik. • Systematische Erfassung, Beschreibung, Ordnung, Analyse der Charakteristika und Wechselwirkungen technischer Objekte, Systeme und Verfahren. • Entwicklung von Methoden und Verfahren zur Antizipation, Entwicklung und Gestaltung von Technik. • Bewertung von Bedingungen und Definition von Anforderungskategorien für die Hervorbringung technischer Objekte, Systeme und Verfahren.	• Natürliche und technologische Prozesse, • vorhandene oder künstlich hergestellte Materialien, Objekte, Systeme, Verfahren oder Technologien, • Beziehungen und/oder Wechselwirkung von vorhandenen oder antizipierten Objekten, Objektstrukturen, (sozio-)technischen Systemen und Verfahren, • (Arbeits)methoden zur Antizipation, Planung, Gestaltung, Optimierung und effektiven Bewältigung technischer Aufgaben und Systeme, • interne und externe Beziehungen (sozio)technischer Systeme und Verfahren, • Anforderungs- oder Wertungskategorien für (sozio)technische Systeme und Verfahren.	Durch die Festlegung auf eine bestimmte angestrebte wiss. Erklärung (Was soll geklärt werden?): • Kausale Erklärung: Ursachen • Funktionale Erklärung: Wirkungen • Intentionale Erklärung: Absichten, Interessen, Bedürfnisse Durch die Festlegung auf einen bestimmten Erkenntnis- oder Methodenansatz (Wie soll es grundsätzlich geklärt werden?): • Empirisch-erfahrungswissenschaftlicher Ansatz • Theoretischer Ansatz • Hermeneutischer Ansatz • „Gelenkte“ Intuition, Phantasie, Kreativität • Praktischer Ansatz	Durch eine Strukturierung des Erkenntnisweges, z.B.: Problemerkenntnis/-formulierung, Aufstellen von Hypothesen, methodengeleitete Überprüfung der Hypothesen, Ableitung von Handlungsvorschriften. Durch eine Definition der Erkenntnistätigkeit: • Empirisch: Beobachten, Erkunden, Messen, Beschreiben oder Experimentieren. • Theoretisch: Induktion, Analogieschluss, Generalisierung, mathematisierte Ableitungen und Modellsimulationen. • Praktisch: konkretes Tun, Probehandeln, Bau von Modellen oder Testen • Durch Kreativitätstechniken wie Analogieschluss, Generalisierung, Analyse von Ideen u. Fehlschlägen, Problemzerlegung und Neukombination

Abb. 5.2: Methodenaufklärung aus technikwissenschaftlicher und wissenschaftstheoretischer Perspektive

6 Methodenaufklärung durch psychologische Aspekte

Während die wissenschaftstheoretische Auseinandersetzung vorrangig das Verhältnis Methode-Forschungsgegenstand beleuchtet, wendet sich nun der Blick wieder in Richtung Lerner und zwar aus einer (lern-)psychologischen Perspektive. Im Mittelpunkt des Abschnittes stehen ausgewählte psychologische Aspekte des Lernens, die bei der Analyse und Gestaltung von Methoden für technische Bildungsprozesse Beachtung finden sollten.
Zunächst geht es auch hier um die Ziele, die mittels der Methoden erreicht werden sollen. Die psychologische Perspektive lenkt den Blick dabei auf den Charakter des jeweils angestrebten Wissens oder Verhaltens. Der zweite Abschnitt setzt sich dann mit der Wechselwirkung zwischen Methoden und Inhalten auseinander. Methoden sind „Instrumente“ zur Vermittlung und zur Aneignung von Inhalten. Damit sie diese Funktion erfüllen bzw. dem Lerner adäquate Zugänge zur Sache verschaffen können, sind bei der Auswahl und Gestaltung von Methoden psychologische Erkenntnisse zur Qualität und Beschaffenheit von Lerninhalten zu berücksichtigen. Da die Methoden im technischen Bereich selbst als Lerninhalte zu betrachten sind, gelten die Anforderungen an Lerninhalte damit auch für die Methoden.
Psychologisch betrachtet, ist Erkenntnis das Ergebnis von Lernvorgängen, also der Integration neuer Informationen in das Gedächtnis. Eine sinnvolle Methodenwahl setzt daher genauere Vorstellungen voraus, wie Menschen lernen. Zum Aufbau von Wissen, Erfahrung oder Erkenntnis existieren verschiedene Lerntheorien. Sie werden ebenso vorgestellt, wie das Modell des Informationsverarbeitungsprozesses. Zuletzt werden kognitive Verarbeitungstechniken und Lernstrategien aufgezeigt, die im Rahmen des methodischen Geschehens gezielt initiiert oder angeleitet werden können, um so die Verarbeitung und Speicherung von Informationen zu effektivieren.

6.1 Angestrebte Wissens- und Verhaltensarten

Lern- und Unterrichtsmethoden sollen dabei helfen, Wissen, bestimmte Fähigkeiten und Fertigkeiten oder auch Kreativität aufzubauen. Eine wissenschaftstheoretische oder pädagogisch orientierte Betrachtung diskutiert Bildungs- und Lernziele vorrangig als gesellschaftlich formulierte Absichten, deren Bezugssysteme außerhalb des lernenden Individuums liegen. Die psychologische Perspektive lenkt den Blick dagegen in Richtung der für eine Eingliederung dieser Ziele in das Gedächtnis erforderlichen Strukturen, also in Richtung der mentalen Repräsentationen bzw. Regulationen. Die nachfolgende Beschreibung dieser Formate soll daher zur Klärung der Zieldimension bei Methodenentscheidungen aus psychologischer Sicht beitragen. Ausgespart bleibt bei den Ausführungen der bereits behandelte Kompetenzbegriff, der nach gängiger Auffassung diese einzelnen Facetten mit integriert.

Wissensarten: Im Allgemeinen wird das im Gedächtnis verankerte Wissen in das Sachwissen (auch deklaratives Wissen) und in das Handlungswissen (prozedurales Wissen) eingeteilt. Die Übergänge zwischen diesen Wissensarten sind nicht scharf voneinander abgrenzbar. Das deklarative Wissen umfasst Wissen über Sachverhalte, Fakten und ihre Eigenschaften sowie Begriffs- und Regelsysteme („Wissen, dass“). Deklaratives Wissen wird auch als explizites Wissen bezeichnet, über das man berichten kann und dessen man sich bewusst ist. Es kann grundsätzlich durch zwei Formen repräsentiert werden: Als Inhalt einer sprachlichen Äußerung oder mittels einer bildlichen Repräsentation. Prozedurales Wissen („Wissen, wie“) beschreibt dagegen Wissen über die Ausführung von Fertigkeiten oder prozeduraler Verfahrensweisen. Anderson (1996, S. 234 f.) sieht das prozedurale Wissen in Prozessen des Problemlösens begründet. Charakteristisch für solche prozeduralen Verhaltensweisen sind drei Merkmale:

- Die Zielgerichtetheit,
- die Möglichkeit der Zerlegung des Gesamtzieles in Teilziele sowie
- die Möglichkeit der Auswahl und Beschreibung der für die Umsetzung der Teilziele notwendigen Handlungen (Operatoren).

Wenn prozedurales Wissen durch seinen Träger nicht versprachlicht werden kann oder er sich dieses Wissens nicht bewusst ist, so spricht man auch vom impliziten Wissen. Deklaratives und prozedurales Wissen sind voneinander abhängig. Prozedurales Wissen setzt meist ein solides „Faktenwissen" voraus.
Deklarative und prozedurale Anteile integriert auch das so genannte metakognitive Wissen. Dabei handelt es sich um Wissen über Wissen bzw. um eng mit Wissen verbundene Phänomene, z. B. Wissen über Wissenserwerb, Wissen um den Sinn einer Lernstrategie oder das Planen des eigenen Vorgehens (Renkl 2015, S. 5).

(Motorische) Fertigkeiten: Unter einer Fertigkeit versteht man die erlernte Fähigkeit zum Abruf „[…] *intentionaler Handlungen, die eine ganze Kette von sensorischen, zentralen (kognitiven) und motorischen Mechanismen beinhalten und die durch Lernprozesse so organisiert sind, dass angestrebte Ziele mit maximaler Sicherheit erreicht werden können*" (Kiesel & Koch 2011, S. 107). Winfried Hacker (1998, S. 655) bezeichnet Fertigkeiten als durch Übung automatisierte Komponenten von Tätigkeiten. Für den Aufbau von Fertigkeiten können zwei Wege angenommen werden. Einmal über die Vorstufe des Aufbaus explizierbaren, deklarativen Wissens. Dieses wird anschließend durch Übung internalisiert und damit zunehmend autonomer verfügbar. Andererseits wird Wissen und Fertigkeitsaufbau auch in Lernsituationen erworben, in denen notwendige Kenntnisse oder Handlungsabläufe nicht durchweg versprachlicht werden. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von implizitem Lernen. Anderson (1996, S. 270 ff.) unterscheidet in Anlehnung an Fitts & Posner (1967) beim Aufbau spezieller Fertigkeiten drei Stufen. Auf der ersten Stufe, der kognitiven Phase, prägt sich der Lerner die für die Fertigkeit notwendigen Fakten ein. Das vorhandene Wissen liegt allein in deklarativer Form vor und setzt bei Gebrauch eine bewusste Auseinandersetzung damit voraus. In der zweiten Phase, der assoziativen Phase, werden Fehler nach und nach entdeckt und eliminiert und die Einzelteile der Elemente, die für die Ausführung der Tätigkeit notwendig sind, werden zunehmend miteinander verbunden. Im Prinzip steht am Ende dieser Phase die erfolgreiche Ausführung. Die dritte Phase, die autonome Phase, ist gekennzeichnet durch ein immer automatisierteres und schnelleres Verfügen über die Fertigkeit. Sie nimmt weniger Verarbeitungsressourcen in Anspruch. In dieser Phase kann bereits von einem erfahrungsbedingten Kenntnis- oder Fertigkeitsniveau gesprochen werden.

Kreativität und Problemlösen: Mit Kreativität wird im Allgemeinen die Fähigkeit eines Menschen beschrieben, neue originelle und vor allem auch „wertvolle" Ideen oder Produkte hervorzubringen (vgl. Sternberg & Lubart 1999, S. 3). Von „typisch" kreativen Leistungen spricht man vor allem dann, wenn evolutionär entstandene Gewissheiten plötzlich durchbrochen werden, obwohl Umfeld und Ausgangsbedingungen dies nicht erwarten ließen. Dies lässt Kreativität eng an Problemlösefähigkeiten heranrücken. Probleme sind nach Dörner (1976) dadurch gekennzeichnet, dass eine Lösung zwar erwünscht, aber die Mittel noch nicht vorhanden sind. Psychologische Kreativitätstests arbeiten daher auch – im Gegensatz zu herkömmlichen Intelligenztests – mit relativ unstrukturierten Problemen, sie bieten Situationen mit einem breiten Suchraum an, die keine oder nur eine geringe Anzahl an Sachzwängen auferlegen und die eine Vielzahl von Lösungen zulassen (Kluge & Zysno 1993, S. 22ff.). Je nach Problemstellung können Problemsituationen dahingehend unterschieden werden, ob die Ausgangslage transparent ist und sich während des Problemlöseprozesses nicht verändert (statische Situation) oder aktiv

in die Problemsituation eingegriffen werden muss, um fehlende Informationen zu erhalten (dynamische Situation).
Während darüber, was Kreativität letztlich ausmacht, einigermaßen Konsens zu herrschen scheint, besteht über Ursachen und Entstehung nach wie vor Unsicherheit. Untersuchungen, die die Erforschung der Kreativität selbst zum Ziel haben, fokussieren entweder das Produkt, die Umweltbedingungen, die Person oder den Prozess (Facaoaru 1985, S. 8ff.). Die ungeklärte Entstehung des unter anderem auch als „Gedankenblitz" charakterisierten Phänomens macht es schwer, die kognitiven Vorgänge in ein stimmiges theoretisches Modell einzuschreiben. Dass kreative Prozesse nicht völlig willkürlich ablaufen müssen, darauf hat bereits Graham Wallas 1926 (S. 79ff.) mit seinem Phasenmodell hingewiesen. Er beschrieb vier Stufen, die mehr oder weniger bewusst durchlaufen werden müssen, um neue Erkenntnisse, Erfindungen, Poesie oder einfach nur neue Ideen zu kreieren: In der Phase der Präparation wird ein Problem als solches erkannt und im Hinblick auf mögliche Lösungen analysiert. Die Einsicht, dass vorhandene Algorithmen hier nicht anwendbar sind, führt zum Versuch einer neuen Lösung. Während der Phase der Inkubation kommt es zu einem flexiblen Umgang mit vorhandenen Informationen. Wie sich aus den möglichen Ideen die richtige herauskristallisiert, ist unklar. Hilfreich, so führt Wallas aus, ist oftmals psychische Entspannung und körperliche Betätigung. Eine Voraussetzung ist zudem die Existenz von Bewertungskriterien. Die „zündende Idee" tritt dann in der Phase der Illumination hervor, wobei sie sich mitunter als Gefühl andeutet und damit ihren jähen Charakter verliert. Diese Phase ist jedoch anfällig für Störungen. Die sich dann anschließende Phase der Verifikation dient dazu, die ins Auge gefasste Idee weiter auszuarbeiten, indem die Gültigkeit überprüft und zugleich auf ihre eigentliche Form reduziert wird.
Wie Wallas' Phasenmodell andeutet, ist Kreativität nicht von Wissen und Erfahrung zu trennen. Unterschiedliche Akzentuierungen einzelner Kreativitätsmerkmale in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen deuten zudem auf bereichsspezifische Kreativitätskonzepte hin (Heller 2018, S. 3). Für einen Biologen bedeutet Kreativität eben etwas Anderes als für einen Wirtschaftswissenschaftler. Auch technische Kreativität muss sich in Arbeit und Beruf zumeist in einem komplexen Umfeld ökonomischer, technologischer und naturwissenschaftlicher Sachzwänge bewähren. Trotzdem bedarf es für Kreativität mehr als nur bereichsspezifisches Fachwissen. Als Wegbereiter für die psychologische Beschäftigung mit dem Thema Kreativität wird Joy Paul Guilford (1897-1987) betrachtet. In einem Vortrag von 1950 widmet er sich diesem Phänomen näher. Für Guilford liegt Kreativität im eigentümlichen Persönlichkeitsgefüge eines Individuums begründet (*unique patterns of traits*). Ob künstlerische, schriftstellerische, technische Erfinderkreativität oder musische Kreativität – über die Art der Ausprägung entscheidet eine spezifische Variation innerhalb des Gefüges der Fähigkeiten. Kreatives Verhalten zeigt sich beispielsweise bei Tätigkeiten wie Entdecken, Entwerfen, Erfinden, Ordnen oder Planen (Guilford 1950 in: Mühle & Schell 1973, S. 14). Das Gefüge an Fähigkeiten bzw. das Wesen, das für ein solches Verhalten ausschlaggebend ist, beschreibt Guilford (1973, S. 30ff.) folgendermaßen: Im Vergleich zu weniger kreativen Personen zeichnen sich kreative Persönlichkeiten durch eine erhöhte Problemsensitivität aus. Das heißt, sie nehmen in bestimmten Situationen einen erklärungs- oder änderungsbedürftigen Sachverhalt eher wahr. Eine weitere Eigenschaft umschreibt Guilford mit dem „Flüssigkeitsfaktor" und meint damit die Fähigkeit, innerhalb einer bestimmten Zeit eine große Menge von Ideen zu produzieren. Weiter zeichnen sich kreative Menschen durch das Hervorbringen neuartiger, origineller Ideen sowie durch Flexibilität aus. Damit meint er die Leichtigkeit, mit der Ordnungen gewechselt werden können. Da bestehende Ordnungen hinterfragt, also analysiert und ggf. zu neuen transformiert werden müssen, sind synthetisierende und analysierende Fähigkeiten ebenfalls zur Kreativität zu rechnen. Die Analyse von Erfindungen, bei denen bestehendes neu kombiniert und neuen Zwecken zugeführt wurde, deutet laut Guilford auf eine Fähigkeit zur Reorganisation oder Redefinition hin. Mit unterschiedlichen Ideen oder begrifflichen Strukturen gleichzeitig umgehen zu können, scheint eine weitere Fähigkeitsdimension zu sein. Damit Kreativität zum Tragen kommen kann, spielen

letztendlich wohl immer verschiedene kognitive und Persönlichkeitsmerkmale zusammen, z.B. domänenspezifisches Wissen, Motivation sowie die oben angeführten kreativitätsrelevanten Eigenschaften wie Problembewusstsein, Flexibilität oder Analysefähigkeit (vgl. Sternberg & Lubart 1999, S. 10).

Motivation und Selbstkonzept: Von den eher auf kognitiven Wissens- und psychomotorischen Fertigkeitserwerb ausgerichteten Zielen methodischen Handelns können solche Bildungsintentionen unterschieden werden, die beim Lerner günstige emotionale (gefühlsmäßige) und motivationale (aktivierende) Lernvoraussetzungen schaffen sollen. Eine gesonderte Betrachtung ist allerdings nur aus analytischer Sicht sinnvoll. Denn beim Lerner selbst sind die zu erwerbenden Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten immer eng mit motivationalen und volitionalen Aspekten verschränkt.
Motivation lässt sich als Bereitschaft und Aktivierungspotenzial verstehen, Lernanforderungen gezielt zu begegnen (vgl. Mietzel 2007, S. 344; Hasselhorn & Gold 2013, S. 104). Die Motivation einer Person, ein bestimmtes Ziel zu verfolgen, hängt von situativen Anreizen, persönlichen Präferenzen und deren Wechselwirkung ab (Heckhausen & Heckhausen 2018, S. 2). Wichtige Voraussetzungen für motiviertes Handeln ist die jeweilige Ausprägung des individuellen Lern- und Leistungsmotivsystems. Zu den Charakteristika dieses Systems lassen sich Art und Ausmaß der Erfolgsorientierung, Ursachenzuschreibungen für Leistungen (Attributionsstile), Selbstvertrauen und Selbstkonzepte zählen (vgl. Hasselhorn & Gold 2013, S. 104). Zu Selbstkonzepten zählen alle Einschätzungen und Einstellungen in Bezug auf unterschiedliche Aspekte der eigenen Person. Im Rahmen von Bildungsmaßnahmen sind vor allem auch die domänenspezifischen Fähigkeitsselbstkonzepte von Bedeutung (s. dazu Kapitel 8).

Handlungsregulationen: Die Definition verschiedener Wissensarten als Formen mentaler Repräsentationen liefert noch keine Aussagen darüber, wie das Wissen in Handlungen umgesetzt wird. Dabei zeigen die in Abschnitt 4.4 bereits charakterisierten Formen technischen Handelns, dass es sich hier teils um komplexe Tätigkeiten handelt, bei denen die prozeduralen bzw. methodischen Anteile eine besondere Rolle spielen. Es spricht einiges dafür, dass sich Leistungsunterschiede zwischen Personen vor allem aus der Verfügung über die Vorgehensweisen („Wissen wie“) ergeben, denen das Faktenwissen („Wissen was“) dann situativ zugeordnet wird (vgl. Hacker 1998, S. 370). Erforderliche Komponenten für eine Realisierung technischer Handlungen sind beispielsweise inkorporierte Bewegungsprogramme, Wissen über notwendige Handlungsfolgen oder auch Wissen über Problemlösungsstrategien. Außerdem erforderlich sind Kontrollprozesse, die die einzelnen internen und externen Komponenten der Handlungsausführung überwachen und steuern. Die Handlungsregulationstheorie fasst diese, die äußeren Tätigkeitsabläufe steuernden, internen psychischen Vorgänge zu sogenannten Regulationen zusammen (vgl. Volpert1997). Für die Definition von Zielen im Rahmen technischer Bildung bietet dieser theoretische Ansatz den Vorteil, das jeweils erforderliche Wissen und Können nicht isoliert zu betrachten. Dass der integrative Ansatz eine gewisse Modellfunktion für die handlungsorientierte Methodengestaltung liefert, ist ein weiterer Pluspunkt.

6.2 Anforderungen an Lerninhalte aus psychologischer Sicht

Methoden dienen u.a. der Sachbegegnung. Zwischen ihnen und den Lerninhalten besteht daher eine enge Wechselbeziehung. Obwohl im Zuge konstruktivistischer Ansätze die Auffassung an Richtkraft verloren hat, dass bereits durch eine rezepthafte Portionierung von Lerngegenständen ein nachhaltiger Lernerfolg sichergestellt werden könne, gehören sowohl die Auswahl und die Aufbereitung von Lerninhalten als auch die Organisation des Zugriffs darauf zu den wichtigen didaktischen Aufgaben.

Methoden sind im Bereich technischer Bildung oftmals jedoch auch selbst Lerninhalt. Dies zwingt dazu, nicht nur darüber nachzudenken, inwiefern die instruktiven Qualitäten einzelner Methoden der Spezifität der Lerninhalte gerecht werden können, sondern auch, inwiefern Methoden selbst diesen Eigenschaften genügen. Einige dieser Eigenschaften werden nun vorgestellt.

Am Vorwissen orientiert: Menschen lernen unterschiedlich. Das kann an individuell angeeigneten Einstellungen und Verhaltensweisen zum Lernen oder auch an biologischen Determinanten liegen. Individuelle Differenzen ergeben sich außerdem bezüglich des jeweiligen Vorwissens. Während eine Person komplexe Sachverhalte als leicht empfindet, weil für diesen Lerninhalt bereits gut entwickelte Schemata ausgeprägt wurden, empfindet eine andere Person den gleichen Lernprozess als Belastung. Lernen ist immer ein konstruktiver Prozess, bei dem Verbindungen zwischen dem Neuen und dem Alten hergestellt (konstruiert) werden müssen (Renkl 2015, S. 10). Ein für die Auswahl von Inhalten wichtiger Aspekt ist daher die Forderung, dass sie Schnittstellen oder sogar Überschneidungen zu bereits erworbenen Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten aufweisen sollten. Zu fragen ist jeweils immer, welche deklarativen, prozeduralen oder konditionalen Aspekte als bekannt vorausgesetzt werden können oder inwieweit das vorhandene Wissen bewusst präsent ist und tatsächlich auch angewendet werden kann (vgl. Krause & Stark 2005, S. 46).

Motivation, Neugier und Interesse fördern: Jeder Lernprozess baut auf der Aktivierung des Lernenden auf. Umfang und Intensität des Verhaltens eines Lerners werden durch den Grad an Motivation bestimmt, also all jenen Faktoren, die menschliches Handeln verstärken, steuern oder verändern. Solche Faktoren können das Ergebnis externaler Anreize sein oder aber einen internalen Charakter besitzen. Nach Gagné (2011, S. 268 f.) kann man grundsätzlich in Anreizmotivation und in Aufgaben-, bzw. Leistungsmotivation unterscheiden. Bei der Anreizmotivation wirken vorrangig die von außen an den Lerner herangetragenen Stimuli und Bekräftigungen, die dann Spannungen und einen aktivierenden Antrieb auslösen. Damit Anreizmotivation wirken kann, ist beispielsweise eine Information der Lernenden über das angestrebte Lernergebnis sinnvoll. Bei der Aufgaben- oder Leistungsmotivation wird die Entwicklung einer Selbst-Motivierung unterstellt, bei der die erfolgreiche Bewältigung von Aufgaben eine immer stärkere Quelle zur Selbstbefriedigung wird. Die Ursachen für Leistungsmotivation sind eher in der Person selbst zu suchen. Man geht davon aus, dass sich leistungsorientierte Personen einem Tüchtigkeitsmaßstab verpflichtet fühlen und Leistungsziele verfolgen, deren Erfüllung sie aus eigener Initiative anstreben (Brunstein & Heckhausen 2018, S. 164). Teilweise deckungsgleich mit den aufgeführten Motivationsarten lässt sich zudem die extrinsische und intrinsische Motivation voneinander trennen. Extrinsische Motivation bedeutet, dass die Kontrolle motivierten Verhaltens wieder eher von außen erfolgt, etwa dadurch, dass der Lerner positive oder negative Konsequenzen erwartet. Das thematische Interesse an einem Thema ist dagegen eng mit der sogenannten intrinsischen Motivation verknüpft. Neugier und Interesse werden zum Beispiel dann gefördert, wenn die Lerninhalte auf realistische Probleme und authentische Situationen bezogen werden können (Deci & Ryan 1993, S. 225; Hasselhorn & Gold 2013, S. 107).

Komplexes Ausgangsproblem und multiple Perspektiven auf den Inhalt: Die Konfrontation mit herausfordernden Aufgabenstellungen oder Problemsituationen, die über das bereits Bekannte hinausgehen und zu ihrer Bewältigung eine neuartige Verknüpfung zuvor unverbundener Wissenselemente erfordern, gilt ebenfalls als geeignete Strategie zur Aktivierung des Lerners (Hasselhorn & Gold 2013, S. 247). Angenommen wird, dass ein komplexes Ausgangsproblem interessant und motivierend wirkt. Für die Methodenwahl bedeutet dies dann freilich, dass der Problemlösung ausreichend Raum eingeräumt werden muss.

Des Weiteren sollte der Lerner über die methodische Auseinandersetzung die Möglichkeit erhalten, sowohl verschiedene Perspektiven auf die Lerninhalte einnehmen zu können als auch verschiedene damit verbundene Anwendungssituationen kennen zu lernen. Mit der Betrachtung der Lerninhalte unter verschiedenen Aspekten ist die Erwartung verbunden, dass der Lernprozess nicht auf Standardsituationen fixiert bleibt und sich so keine eindimensionale Vorstellung vom Lerngegenstand ausbildet. Bei der Inhaltsauswahl sollten daher bereits Transfermöglichkeiten mitgedacht werden (vgl. Mandl, Gruber & Renkl 1997).

Weitere Anforderungen an Lerninhalte: Aus lernpsychologischer Sicht können an die Lerninhalte weitere Anforderungen mit Auswirkungen auf Methodenentscheidungen gestellt werden. Etwa, dass die methodische Auseinandersetzung mit den Lerninhalten Artikulations- und Reflexionsprozesse integriert oder den sozialen Austausch befördert, also Kooperation, Kommunikation oder Kollaboration zulässt (vgl. Mandl, Gruber & Renkl 1997).

6.3 Qualität des Lernprozesses

Das Resultat erfolgreicher Lernprozesse sind Wissensaufbau, Erfahrung und Erkenntnis. Damit sich die beabsichtigten Lernziele einstellen, wird mit spezifischen Methoden versucht, beim Lerner die gewünschten Aktivitäten anzuregen. Im günstigen Fall wird der als Lehrprozess initiierte Methodeneinsatz zum Lernprozess, bei dem der Lerner selbst eine aktive Rolle spielt (vgl. Schiefele & Pekrun 1996, S. 255). Für das Gelingen eines methodisch angelegten Lernprozesses wurden bereits einige Aspekte angesprochen, die eng mit der Qualität von Lerninhalten verknüpft sind. Eine sinnvolle Auswahl von Methoden bedarf jedoch auch einer Vorstellung davon, wie sich Lernen grundsätzlich „ereignet“ – wie sich also ein verhaltensregulierender Gedächtnisbesitz individuell aufbaut.

Lernen und Lerntheorien: Lernen wird als nachhaltige Veränderung menschlichen Verhaltens aufgefasst. Es umfasst kognitive, affektive oder psychomotorische Verhaltensaspekte und vollzieht sich in der Interaktion des Individuums mit sich selbst und mit der Umwelt. Die Lernergebnisse werden dauerhaft und zugleich veränderbar im Gedächtnis konserviert (vgl. Mitzel 2007, S. 33; Hasselhorn & Gold 2013, S. 37f.; Seel 2000, S. 47).
Lernen ist demnach ein individueller Prozess, der allerdings von außen angeregt, angeleitet und unterstützt werden kann. Über die genauen Ursachen, Vorgänge und Zusammenhänge, die beim Lernen eine Rolle spielen, existieren verschiedene Theorien. Sie lassen sich mit der hier gebotenen Holzschnittartigkeit grob in folgende drei Gruppen einteilen:

- Die behavioristischen Lerntheorien,
- die kognitivistischen Lerntheorien,
- die konstruktivistische(n) Lerntheorie(n).

Der Erklärungswert dieser Ansätze hat sich infolge wissenschaftlicher Erkenntnisse und daraus resultierender Menschenbilder im Lauf der Zeit verändert. So wird der Wissensaufbau seit geraumer Zeit nicht mehr länger als ausschließliche Abbildung dessen betrachtet, was von außen in den Kopf des Lerners „eingepflanzt“ wird (behavioristischer Ansatz). Auch durch eine Art Königsweg, wie er zum Teil durch die kognitivistischen Lerntheorien beschrieben wird, erwartet man sich keine einheitlichen Lernergebnisse mehr. Aktuell dominiert vielmehr die Auffassung, dass der Gedächtnisbesitz das Resultat eines individuellen Prozesses ist, der sich auf der Grundlage bereits individuell „konstruierter“ Wissensstrukturen einstellt (konstruktivistischer Ansatz). Gleichwohl kann auch der konstruktivistische Ansatz das Phänomen Lernen nicht in allen Belangen fassen, so dass ein Blick auf die verschiedenen Lerntheorien durchaus Anhalts-

punkte für die Auswahl und Gestaltung von Methoden bieten kann (vgl. Mietzel 2007; Hasselhorn & Gold 2013; Seel 2000).

Behaviorismus: Der Begriff „Behaviorismus“ geht ursprünglich auf John Watson (1878-1958) zurück. Seiner Meinung nach sollte sich die Psychologie nur mit dem beschäftigen, was beobachtbar ist, also dem „*behaviour*", dem Verhalten. Ausgangspunkt der behavioristischen Lerntheorien ist die Annahme, dass Lernen durch bestimmte Reizkonfigurationen ausgelöst und gesteuert wird und sich in sichtbaren Verhaltensänderungen zeigt. Erwünschtes Verhalten kann durch Hinweisreize und Verstärkungen (Belohnung und Bestrafung) erreicht werden. Lernen wird dadurch zum konditionierten Reflex, bei dem auf einen bestimmten Außenreiz eine bestimmte Reaktion folgt. Der Mensch wird hier als Produkt seiner Umwelt gesehen, dessen Verhaltensrepertoire nicht angeboren, sondern durch Erfahrungen mit der Umwelt erlernt wird. Was während der Reizumsetzung im kognitiven System passiert, wird allein physiologisch geklärt. Der Organismus des Lernenden bleibt damit eine Art „Black Box“. Die behavioristischen Erklärungsansätze des Lernens gelten heute zum Teil als überholt. Für die Implementierung von Lernprozessen spielt die Theorie jedoch weiter eine gewisse Rolle, beispielsweise, wenn komplexe Probleme in kleine „Häppchen“ zerlegt werden, um die Aneignung von Teilaspekten durch ein Angebot an Außenreizen, durch Belohnung oder Verstärkung zu fördern.

Kognitivismus: Von einer im Gegensatz zum Behaviorismus aktiveren Rolle des Lernenden beim Aufbau kognitiver Strukturen gehen die kognitivistischen Lerntheorien aus. Der Kognitivismus versteht Lernen vor allem als Prozess der Informationsverarbeitung des menschlichen Gehirns, für den Denkprozesse und mentale Repräsentationen ausschlaggebend sind. Der Fokus liegt daher auf den im Gehirn ablaufenden Organisations- und Informationsverarbeitungsprozessen. Die kognitivistischen Theorien versuchen nicht in erster Linie die beobachtbaren Stimuli oder Reaktionen, sondern die nichtbeobachtbaren kognitiven Verarbeitungsprozesse zwischen Input und Output zu erfassen und mittels theoretischer Modelle zu erklären. Entsprechende Formen werden als sinnhaftes, einsichtiges oder auch kognitives Lernen bezeichnet. Lernen ist demnach ein Prozess, bei dem durch Vorgabe eines entsprechenden Reizmaterials mentale Repräsentationen entstehen und aufgrund interner kognitiver Verarbeitungsprozesse in Form von Regeln und Konzepten abgespeichert werden.
Verbunden mit der Überzeugung, die kognitiven Prozesse des Lerners entschlüsselt zu haben, ist die Auffassung, durch eine entsprechende Planung und Steuerung des Lerngeschehens könne das „Wissen“ von allen Lernern gleichermaßen erworben werden. Verschiedene Aspekte, die sich auf Erwerb, Repräsentation und Anwendung des Wissens beziehen, müssen demnach bei der Gestaltung von Lernprozessen Beachtung finden. Dazu zählen u.a. die Kontextbedingungen des Lernens, das Vorwissen des Lernenden, eine lernförderliche Aufbereitung der Inhalte, die Anwendung von Lerntechniken sowie Wiederholung und Einübung der Inhalte. Der Ansatz gründet auf einem Bild vom Menschen als Individuum, der sich aktiv neuen Informationen stellt und versucht, sie zu erklären, um sie anschließend zu speichern und bei Bedarf aus dem Gedächtnis abzurufen. Die Auseinandersetzung mit der Umwelt führt dabei zur fortwährenden Umstrukturierung kognitiver Strukturen, was sich in der Anpassungsleistung des Menschen an verändernde Situationen zeigt.

Konstruktivismus: Ähnlich wie der Begriff Kognitivismus suggeriert auch der Begriff Konstruktivismus, dass es sich um eine einheitliche Strömung handelt. Allerdings kann hier nicht schon von einer durchgängigen Theorie gesprochen werden, sondern eher von einzelnen, überwiegend erkenntnistheoretisch ausgerichteten Ansätzen. Die Grundlagen des Konstruktivismus werden einerseits bei Piaget gesehen, der die Genese der Kognition in der aktiven Auseinandersetzung des erkennenden Subjekts mit der Umwelt betonte. Andererseits lassen sich die er-

kenntnistheoretischen Annahmen des Konstruktivismus aus der Hermeneutik und dem symbolischen Interaktionismus herleiten.
Für die Vorstellung vom lernenden Subjekt hat der Konstruktivismus tiefgreifende Veränderungen gebracht. Nicht der geplante Reiz und die durchdachte Lernsituation, also die Kunst des Lehrens rücken hier in den Mittelpunkt, sondern der Lerner selbst. Das in Lernprozessen zu vermittelnde „Wissen“ wird nicht als unabhängige, vom Subjekt abgesetzte Substanz verstanden, sondern als eine innerhalb des Erkenntnisvorgangs konstruierte Größe. Lernergebnisse sind demnach das Resultat individueller Vorerfahrungen, Sinnsetzungen, Überzeugungen und sozialer Interaktionen.
Konstruktivismus bedeutet jedoch nicht, dass organisierte Lernprozesse in Schule oder Unterricht obsolet werden. Wichtig ist aber, dass die Lernsituationen und -umgebungen so gestaltet werden, dass

- sich Lernende mit ihren jeweiligen Erwartungen, Bedürfnissen und Interessen wiederfinden können,
- sie den unterschiedlichen Lernstilen, Lernwegen oder Lerngewohnheiten Rechnung tragen und verschiedene Zugangswege und Lernhilfen anbieten,
- die Kommunikation mit anderen Lernenden nicht zu kurz kommt und
- der Lernende angeregt wird, über seinen Lernprozess nachzudenken.

Der Lernprozess: Wie der Blick auf neuere Lerntheorien verdeutlicht, sind Methoden nicht ausschließlich als Mittel zur Umsetzung von extern definierten Zielen zu begreifen, sondern als Werkzeuge für die interne Informationsverarbeitung des Lernenden. Damit Methoden diesen Zweck erfüllen können, sie also in angemessener Weise Lernprozesse anregen und steuern können, ist ein grundlegendes Verständnis über die Mechanismen des Verstehens und Erinnerns erforderlich. Die Annäherung an eine solch komplexe Thematik bedingt eine Reduktion. Verschiedene Aspekte, die durchaus auf den Lernprozess Einfluss nehmen, müssen hier daher unberücksichtigt bleiben. Der Fokus liegt auf dem Informationsverarbeitungsprozess, für den ebenfalls wieder verschiedene Modelle existieren (vgl. Hasselhorn & Gold 2013, S. 51ff.; Mietzel 2007, S. 202ff.).
Unstrittig ist die Feststellung, das Lernen mit Erfahrung zu tun hat, die ihren Ausgangspunkt in der Auseinandersetzung mit der Umwelt nimmt. Die Umwelt hält für den Menschen verschiedene Stimuli und Informationen bereit, die er bewusst oder unbewusst aufnimmt und ggf. weiter „verarbeitet“. Physiologisch werden beim Lernen dabei verschiedene „Funktionsbereiche“ und „Schaltstationen“ beansprucht: Informationen aus der Umgebung werden in den Rezeptoren der Sinnesorgane in physikalische Reize umgewandelt. Über die afferenten Nervenbahnen werden diese Reize in das zentrale Nervensystem (Gehirn und Rückenmark) transportiert, in neue Reizkonfigurationen transferiert und über die efferenten Bahnen ggf. zu den Effektoren gebracht. Die Effektoren (Muskeln) setzen diese Reize in physikalische Kräfte um.

Das System des menschlichen Gedächtnisses: Aufgrund des oben geschilderten „Informationsflusses“ liegt es nahe, den Menschen als informationsverarbeitendes System zu denken, der auf der Grundlage der kombinierten Verarbeitung einzelner Sinnesempfindungen (Informationsaufnahme) ein Bild der Umwelt generiert, daraus auf eigene Handlungen (Informationsverarbeitung) schließt und diese dann durch die Informationsumsetzung bzw. Informationsausgabe realisiert. Allerdings unterliegt gerade der Prozess der Informationsverarbeitung verschiedenen Kapazitätsbeschränkungen des menschlichen Gedächtnisses.
Aufgrund von Beobachtungen aus dem Lern- und Behaltensbereich von Menschen besteht seit Ende der 1960iger Jahre die Vorstellung einer funktionalen Einteilung des Gedächtnisses (vgl. Atkinson & Shiffrin 1968). Die Annahme einer solchen funktionalen Trennung wird dann nachvollziehbar, wenn man sich vor Augen führt, dass manche Informationen oder Ereignisse fast automatisch gespeichert werden und zumindest nach relativ kurzer Zeit auch wieder abgerufen

werden können, andere hingegen erst nach mühsamer Lernarbeit. Theoretisch werden folgende Einheiten des Gedächtnissystems unterschieden: Der sensorische Speicher (auch sensorisches Register), das Kurzzeitgedächtnis und das Langzeitgedächtnis.

Sinnesempfindung: Ausgangspunkt für Denk- und Gedächtnisprozesse ist die Sinnesempfindung, also die Empfindung einer Reizeinwirkung durch die Sinnesorgane. Der grundlegende Mechanismus ist in allen Sinneskanälen der gleiche: Die von den Rezeptoren in Form von Impulsraten entlang der Axone (Verbindung zwischen den Neuronenzellen) übertragene Information wird in den Neuronenzellen mit der Information anderer benachbarter Rezeptorstellen verknüpft. Die Verknüpfungsstellen werden Synapsen genannt. Durch das Zusammenschalten verschiedener Neuronen entstehen Zellen, die nur dann eine erhöhte Impulsrate aufweisen, wenn eine bestimmte Reizkonfiguration auf der Sinnesoberfläche vorhanden ist. Das bedeutet, dass im Verlauf einer Analyse der eingehenden Information zunehmend spezifische Zellen involviert werden. Eine Art Grundregel des Nervensystems scheint es zu sein, Änderungen und Differenzen ausfindig zu machen, Bleibendes jedoch zu unterdrücken.

Sensorisches Register: Werden Umweltreize über die Sinnesorgane aufgenommen, werden sie über die Dauer der Einwirkung hinaus kurzzeitig im so genannten sensorischen Register gehalten. Für jeden Sinneskanal existiert ein eigenes sensorisches Register (visuelles Register, akustisches Register, Geschmacksregister, Geruchsregister und Tastregister). Das sensorische Register muss sich jeweils mit einer Vielzahl von Informationen gleichzeitig auseinandersetzen und speichert Informationen nur für sehr kurze Zeit (weniger als eine Sekunde). Im Unterricht beispielsweise wirken auf das akustische Register einer Schülerin oder eines Schülers gleichzeitig die Sprache der Lehrperson, die Geräusche außerhalb des Schulhauses und die miteinander redenden Mitschülerinnen und Mitschüler. An das Kurzzeitgedächtnis werden jedoch nur solche Stimuli weitergeleitet, auf die die Aufmerksamkeit gelenkt wird oder denen aufgrund von Erfahrungen eine gewisse Bedeutung zugemessen wird.

Wahrnehmung – Zusammenspiel zwischen Sinnesempfindung und Erfahrung: Die Sinnesempfindung (auch Perzeption genannt) ist für sich allein noch keine hinreichende Basis für eine weitere Verarbeitung. Auch wenn seitens der Psychologie eine verhaltensbeeinflussende unbewusste oder unterschwellige Wahrnehmung nicht mehr bestritten wird, spricht man von der eigentlichen Wahrnehmung erst dann, wenn der Lerner einer Information Aufmerksamkeit zuwendet und zeitgleich eine Verknüpfung mit Gedächtnisinhalten (Erfahrungen) erfolgt. Unter Wahrnehmung ist demnach einerseits der sensorische Prozess der Aufnahme und Weiterleitung von Reizen, andererseits aber auch der kognitiv-verarbeitende Prozess des Einordnens und Erkennens zu verstehen. Wahrnehmung, die zu einer grundsätzlichen Verhaltensänderung führt, ist damit sowohl von der Funktion der Sinnesorgane als auch von der Funktion des Gedächtnisses und den kognitiven Prozessen abhängig.
Gefördert werden kann die Wahrnehmung durch die Mobilisierung oder Vorbereitung des Lernenden auf neue Informationen, durch die Richtung der Aufmerksamkeit des Lernenden auf bestimmte Informationen sowie durch ein Angebot an Reizen, das zwar Neues bietet, allerdings an bekannten Inhalten anknüpft. Damit einer Information ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt werden kann, ist es zudem erforderlich, dass andere Vorgänge automatisiert ablaufen. So kann ein Lerner sich beispielsweise erst dann dem Verständnis eines Textes widmen, wenn das Lesen automatisiert abläuft.

Vom Kurzzeit- in das Langzeitgedächtnis: Auch die Informationen, die in das Kurzzeitgedächtnis eingespeist werden, besitzen nur eine kurze Halbwertszeit (20-30s) und werden schnell wieder vergessen, wenn sie nicht weiterbearbeitet werden. Das Kurzzeitgedächtnis wird auch als Arbeitsspeicher bzw. Arbeitsgedächtnis bezeichnet. In ihm werden die Informationen aus

der Umwelt mit dem Wissen aus dem Langzeitspeicher in Beziehung gesetzt. Durch die vorausgehende Verarbeitung anderer oder ähnlicher Reize kann die Information im Arbeitsspeicher verloren gehen oder verblassen. Das Kurzzeitgedächtnis besitzt neben einer begrenzten Speicherdauer auch nur eine begrenzte Speicherkapazität. Wie Experimente zeigen, ist der Umfang der Information auf 7 ± 2 „Chunks“ (Einheiten) begrenzt. Ein Chunk kann eine Ziffer, ein Wort, ein Bild oder eine Einheit verschiedener Ziffern, Bilder oder Worte sein.
Um etwas im Kurzzeitgedächtnis zu behalten, sind unterschiedliche Mechanismen erforderlich (z.B. Wiederholen oder in Beziehung setzen zu bereits Gelerntem). Das Wiederholen geschieht auf der Basis phonetischer oder visueller Codes. Die Aufarbeitung bzw. Wiederholung kann grundsätzlich auf drei Arten erfolgen: Oberflächlich (z.B. über visuell markante Eigenschaften), phonologisch (z.B. über Reime) sowie über eine bedeutungsbezogene, semantische Verarbeitung. Die zuletzt genannte Art wird z.B. dann erreicht, wenn der Lernende aufgefordert wird, den Inhalt eines Textes mit eigenen Worten wiederzugeben oder wichtige Aspekte auf die eigene Person zu beziehen.
Damit wird eine für den Lernprozess entscheidende Phase erreicht, in der die Information das Kurzzeitgedächtnis verlässt und in das Langzeitgedächtnis eintritt. Dieser Prozess wird als Kodierung bezeichnet. Von Art und Umfang dieser aufarbeitenden Wiederholung hängt es letztlich auch ab, wie nachhaltig die Information ins Langzeitgedächtnis eingearbeitet und gespeichert wird und zu Wissen wird, dessen man sich zu einem späteren Zeitpunkt wieder erinnert. Das Langzeitgedächtnis ist die zentrale und zugleich umfangreichste Gedächtniseinheit. In ihr werden Informationen auf längere Zeit gespeichert. Der Genauigkeitswert der dort gespeicherten Information ist allerdings geringer. Die Intensität der Verarbeitung neuer Information bestimmt, wie effizient die Information im Langzeitgedächtnis abgespeichert wird. Daher ist diese Phase des Lernens in geeigneter Weise methodisch zu unterstützen. Beispielsweise durch die instruktive Aufforderung zum Wiederholen oder Erinnern, durch ein Angebot kontextueller, bereits bekannter Bezüge sowie durch Lernübertragung durch Kontextvielfalt in der äußeren Stimulation (vgl. Gagné 2011, S. 61f.).
Die Repräsentationsformen der Gedächtnisinhalte sind unterschiedlich. Anderson (1996, S. 103) unterscheidet das in den Wissensstrukturen repräsentierte Wissen in solches, das noch stark von der ursprünglichen Wahrnehmungserfahrung beeinflusst ist (wahrnehmungsbasierte Wissensrepräsentation) und solches, das eine Abstraktion der perzeptuellen Details aufweist und bei dem der Bedeutungsgehalt der Erfahrung enkodiert ist (bedeutungsbezogene Wissensrepräsentation). Ursprünglich noch stark wahrnehmungsbasierte Wissenseinheiten werden im Lauf der Zeit auf ihren eigentlichen Bedeutungsgehalt reduziert, also abstrahiert. Die kognitive Nutzung der Wissenseinheiten erfolgt in Form von Schemata. Sie können als die Repräsentation des durch Einzelerfahrungen mit Objekten, Handlungen, Personen und Situationen erworbenen verallgemeinerbaren und abstrakten Wissens aufgefasst werden. Es lassen sich Objekt- und Ereignisschemata, Situationsschemata und Handlungsschemata unterscheiden. Schemata befähigen zu sinnvollen und bedeutungshaltigen Schlussfolgerungen. Sie sind damit der Ausgangspunkt für Handlungen (Seel 2000, S. 54). Bei Handlungsschemata spricht man auch von Skripts (Anderson 1996). Die Veränderung von Schemata ist mit einem mehr oder weniger umfangreichen Lernprozess verbunden. Der Aufbau einer kognitiven Struktur erfolgt über die Interaktion mehrerer Schemata. Die Festigung von Wissen oder Verhalten erfordert eine übende Anwendung und wird durch Rückmeldungen und Bestärkung weiter unterstützt.

6.4 Lernstrategien als Lernhilfen

Nachdem sich der vorhergehende Abschnitt mit grundsätzlichen Theorien und Prozessen zum Aufbau von Erkenntnissen und Erfahrungen aus lernpsychologischer Sicht befasst hat, widmet sich dieser Abschnitt wieder der Frage, wie individuelles Lernen durch konkretes methodisches

Handeln unterstützt werden kann. Dazu werden zunächst Verarbeitungstechniken und Lernstrategien vorgestellt, mit denen der Lerner selbst die Wirksamkeit seiner Lernprozesse erhöhen kann. Unter der Maßgabe, dass Methoden der Lernhilfe dienen sollten, wird dann aufgezeigt, wie solche individuellen Lernstrategien und Lerntechniken durch das Lehrpersonal initiiert und angeleitet werden können.

Lernstrategien und Lerntechniken: Die Kodierung und „Einarbeitung" neuer Wissensbestände vom Kurzzeit- in die Gedächtnisstruktur des Langzeitspeichers erfolgt – mit Ausnahme von biographischen Episoden – selten automatisch. Einen entscheidenden Anteil am Aufbau von Wissen und Erfahrung haben aktive Prozesse der Informationsverarbeitung. Lernen bedeutet dann, dass neue Informationen mit bereits vorhandenen Wissenselementen in Beziehung gesetzt werden. Alle Lerntechniken oder auch Lernfertigkeiten, die eine selbstständige Informationssuche, -verarbeitung und -speicherung in Gang setzen, lenken und überwachen, können als Lernstrategien bezeichnet werden (vgl. Baumert & Köller 1996). Streblow und Schiefele (2006, S.353) definieren Lernstrategien als Abfolge von effizienten Lerntechniken, die zielführend und flexibel eingesetzt werden, zunehmend automatisiert ablaufen, dabei aber bewusstseinspflichtig bleiben. Lerntechniken wiederum sind Lernhandlungen, die entweder eine interne Aktivität (wie das Mnemorieren eines Wortes) oder eine externe Aktivität (wie das Unterstreichen eines Textausschnittes) umfassen.
Nach Wild (2000) und Mandl und Friedrich (2006) können Lernstrategien unterschieden werden in kognitive bzw. metakognitive Lernstrategien, Motivations- und Emotionsstrategien, Strategien für kooperatives Lernen sowie in Strategien zur Nutzung von eigenen oder Umweltressourcen. Zwischen emotional-motivationalen und kognitiven Komponenten gibt es eine enge Verbindung, weil beim Lernen nicht nur Wissen über einen Lerngegenstand, sondern immer auch Erkenntnis über die eigenen Stärken und Schwächen generiert wird.
Im Mittelpunk dieses Abschnitts stehen die kognitiven Lernstrategien. Kognitive Lernstrategien unterstützen und effektivieren die kognitive Verarbeitung von Informationen, metakognitive Lernstrategien dienen der Planung, Überwachung und Regulation der Lerntätigkeiten.

Elaborationsstrategien – Prozesse des Aufbaus und Einarbeitens von Wissensstrukturen: Vorgänge, die für eine Einarbeitung neuer Informationen in bestehende Wissensstrukturen verantwortlich sind, eine nachhaltige Verfügbarkeit des Wissens bewirken oder zum Verständnis beitragen, werden als elaborative oder organisierende Prozesse bezeichnet. Essentiell für solche, vom Lerner bewusst durchgeführte Vorgänge ist der gedankliche „Rückgriff" auf bereits vorhandenes Wissen bzw. das wechselseitige In-Beziehungs-Setzen des Neuen mit dem vorhandenen Wissen (vgl. Schiefele & Pekrun 1996, S. 261). Die neuen Informationen werden dadurch angereichert. Der Hörer eines Lehrtextes beispielsweise benötigt für das Verständnis eines Satzes bereits Wissen über die Begriffe, die in dem Satz vorkommen und Wissen über die Beziehungen zwischen den einzelnen Begriffen. Dieses Wissen muss im Rahmen des Verstehensprozesses aktiviert werden. Erst wenn ein Sachverhalt „verstanden" wird, kann er auch nachhaltig behalten werden. Elaborationen fördern demnach das Verstehen aber auch das Behalten eines Sachverhalts.
Die beiden wichtigsten Elaborationsformen sind das sprachliche und das anschauliche Verarbeiten. Beim sprachlichen Elaborieren wird versucht, zusätzliche Bedeutungszusammenhänge zu entdecken oder herzustellen, in welche die neue Information eingegliedert werden kann. Beispielsweise werden durch inneres Sprechen Fragen oder Hypothesen verbalisiert und gedanklich weiterverfolgt, indem Zusammenhänge, Strukturen, Beziehungen zu bereits gespeichertem Wissen oder Anwendungen gesucht werden. Die anschauliche Elaboration besteht in der Erzeugung von Analogien oder bildhaften Vorstellungen, die dem anzueignenden Wissen entsprechen und ihm zugeordnet werden können. Zu dieser Kategorie von Elaborationen zählen beispielsweise das bildhafte Übersetzen eines Textes, die Erklärung von Schlüsselbegriffen,

generell das Generieren bildlicher Darstellungen.
Nicht immer können Sachverhalte, die neu erlernt werden müssen, mit bereits sinnhaften Wissensstrukturen verknüpft werden. In diesem Fall bewähren sich Wiederholungen oder so genannte Mnemotechniken (Friedrich & Mandl 2006, S. 3; Mitzel 2007, S. 268f.). Sollen z.B. Begriffe, Wörter oder Zahlen gespeichert werden, kann der Lernprozess durch Verknüpfung von isolierten Einzelfakten mittels Geschichten, bildhaften Vorstellungen oder Eselsbrücken unterstützt werden. Weitere Möglichkeiten sind das Ersetzen von Zahlen durch Buchstaben oder Wörter oder das Verbinden von Begriffen mit Räumen, Orten oder Körperteilen.

Organisations- und Reduktionsstrategien: Für das Verstehen und Behalten großer Informationsmengen kommen Prozesse zum Einsatz, die der Ordnung, Strukturierung und Reduktion der Information dienen sollen. Ziel solcher Strategien ist es, die vorhandenen Informationseinheiten in eine Form überzuführen, mit der ihre Bearbeitung angesichts einer nur begrenzt verfügbaren Arbeitsgedächtniskapazität erleichtert wird (Hasselhorn & Gold 2013, S. 94). Methoden, die diese Organisations- oder Reduktionsprozesse unterstützen, sind z.B. das Zusammenfassen zu Sinneinheiten, die Bildung von Hierarchien durch Einordnung von Beispielen, die Anordnung von Ketten durch logische, kausale oder chronologische Reihenfolgen oder auch das Anfertigen von Diagrammen, Skizzen und Schaubildern.

Selbstkontroll- und Selbstregulationsstrategien: Einzelne kognitive Strategien wie das Elaborieren, Ordnen oder Reduzieren stoßen bei komplexeren Lernanforderungen rasch an ihre Grenzen. Notwendig ist dann eine flexible, kritische und reflektierte Anwendung unterschiedlicher Strategien (vgl. Hasselhorn & Gold 2013, S. 95). Eine solche Regulation des Lernprozesses braucht das Nachdenken über das Lernen, besitzt also einen starken metakognitiven Zug. Der Fortgang des Lernprozesses wird selbst geplant, überwacht, reguliert und bewertet. Es handelt sich dabei also um Strategien, die der situations- und aufgabenangemessenen Steuerung des Lernprozesses dienen (Friedrich & Mandl 2005, S. 5).
Im Rahmen der Planung des Lernprozesses sind beispielsweise Aufgaben und Ressourcen zu erheben und mit einer Vorstellung von der Zielerreichung in Verbindung zu bringen. Anhand der antizipierten Aufgabenlösung kann die weitere Entwicklung beobachtet, bewertet und gegebenenfalls reguliert werden. Nach Beendigung einer Aufgabe lässt sich das Ergebnis dann mit der in der Planungsphase antizipierten Lösung in Beziehung setzen. Denkbar ist eine Analyse, ob der Lernprozess so verlaufen ist, wie er vorher geplant war, ob die ausgewählten Strategien hilfreich waren oder ob der Zeitplan eingehalten werden konnte (Schreblowski & Hasselhorn 2005, S. 154).

Problemlösungsstrategien: Während es bei den vorangegangenen Lernstrategien vorrangig darum ging, wie Menschen Informationen verarbeiten und ggf. als Wissen besser behalten können, zielen Problemlösungsstrategien bereits auf eine effektive Nutzung des Wissens ab (vgl. Mietzel 2013, S. 275). Problemzustände werden entweder durch zufälliges Entdecken (beispielsweise als Folge von Versuch und Irrtum) oder durch geeignete Problemlösestrategien in einen lösbaren Problemzustand überführt. Notwendigerweise braucht es für das Problemlösen einen gewissen Suchraum an Problemrepräsentationen. Sie bilden das „Material“ für das Probehandeln im Kopf (Hacker 1998, S. 563). Der Gedächtnisapparat stellt hierbei einen limitierenden Faktor dar. Um das Arbeitsgedächtnis zu entlasten, hilft beispielsweise das Anfertigen von Skizzen oder Zeichnungen. Ist das Problem auf der Vorstellungsebene repräsentiert, können dann wiederum verschiedene Strategien zum Einsatz kommen (Mietzel 2007, S. 307ff.). Eine Möglichkeit ist die strikte Anwendung von Lösungsalgorithmen, eine weitere die Zerlegung des Gesamtproblems in einzelne Teilprobleme mit jeweils gesonderter Bearbeitung. Das Ziel ist hier, durch Teillösungen insgesamt näher an die Gesamtlösung heranzurücken. Auch bei einer Unterschiedsreduktion wird versucht, die Differenz zwischen dem Ausgangs- und

Endzustand schrittweise zu reduzieren. Beim Rückwärtsarbeiten wird das Ergebnis zum Ausgangspunkt der Lösung gemacht. Eine weitere Problemlösestrategie ist die Analogiebildung. Hier wird nach Parallelen zwischen der vorherrschenden Situation oder dem Problem und ähnlichen Situationen oder bereits gelösten Problemen gesucht. Im Rahmen der Umstrukturierung einer Problemsituation wird versucht, den Wahrnehmungs- und Problemraum neu zu strukturieren, so dass eine ganz neue Problemsituation entsteht, die evtl. einfacher zu lösen ist.

Initiierung und Anleitung von Lernstrategien – die Rolle des Lehrers: Wenngleich die Lernstrategieforschung eindeutige Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Lernerfolg und Lernstrategien bislang schuldig bleibt, deuten Studien doch eher auf positive Effekte hin (Borgenheimer 2014, S. 54). Eine eigenständige Anwendung derartiger Strategien kann jedoch nicht bei jedem Lernenden vorausgesetzt werden. Es ist daher zweckmäßig, entsprechende Impulse bzw. Lernhilfen von vorneherein in den methodischen Ablauf mit einzuplanen. Gold und Hasselhorn (2013, S. 100f.) weisen allerdings darauf hin, dass dabei motivationale Probleme auftauchen können. Die Gründe dafür sehen sie darin, dass sich positive Effekte für den Lernenden unter Umständen erst nach einer Automatisierung der Strategien einstellen, die Anwendung der Strategien dagegen im Vorfeld eine zusätzliche Beanspruchung darstellen würden.
Grundsätzlich können kognitive Strategien direkt oder indirekt initiiert und angeleitet werden. Indirekt beispielsweise durch die Gestaltung geeigneter Lernaufgaben oder Lernumgebungen, direkt durch die gezielte Vermittlung und Thematisierung bzw. durch eine Kombination aus beidem (Friedrich & Mandl 2006, S. 16).
Nach Gagné (2011, S. 259ff.) wird der Aufbau kognitiver Schemata durch die verbale oder symbolische Formulierung oder Demonstration von Begriffen oder Regeln, die Konfrontation mit neuen Problemsituationen oder die Einbindung des Gelernten in einen größeren Bedeutungszusammenhang unterstützt. Lehrpersonen können durch unterschiedliche motivationale, sprachliche oder gestalterische Möglichkeiten Einfluss auf den Lernvorgang nehmen. Es gilt zunächst, die Neugierde des Lerners zu wecken, Fragehaltungen zu provozieren und Gelegenheiten zur schlüssigen Verknüpfung von Informationseinheiten mit bestehendem Wissen zu schaffen. Neues an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler heranzuführen, gelingt möglicherweise durch Brainstorming oder Mappingverfahren, also die grafische Darstellung von Wissensstrukturen. Als zweckdienlich kann es sich ferner erweisen, Zusammenfassungen im Vorfeld der eigentlichen Lehrmaßnahme anzubieten (*advanced organizer*), einen Überblick über geplante Lernziele und Lerninhalte zu gewähren oder Hilfen zur Einordnung von Informationen anzubieten. Die Aufarbeitung der Inhalte durch Fragestellungen bzw. die Anregung der Lerner zu eigenen Fragestellungen an den Stoff einzeln oder in der Gruppe, kann ebenfalls als effektive Lernhilfe gewertet werden. Des Weiteren können Mnemotechniken, Wiederholungsstrategien, die Ordnung, Strukturierung und (bildliche) Darstellung der Inhalte sowie die metakognitive Analyse des Lernprozesses durch Lehrpersonen gezielt angeregt werden.
Problemlösen kann ebenfalls direkt oder indirekt unterstützt werden. Direkt durch eine stufenweise Begleitung oder ein Coaching des Lernenden, die Anregung zu lautem Denken oder Selbsterklärungen sowie durch das Lernen mit modellhaften Lösungsbeispielen. Indirekte Förderansätze zielen vor allem auf die Gestaltung geeigneter Lernumgebungen, bei denen die Lernenden in authentischen und dennoch didaktisch vorstrukturiertem Rahmen an das Problemlösen herangeführt werden (Funke & Zumbach 2006, S. 213ff.).
Für den Aufbau und die Festigung von Handlungsregulationen, wie sie spezielle Fertigkeiten einfordern, ist die Anregung psychoregulativer Reflexionsprozesse durch das Lehrpersonal sinnvoll. Der Lerner sollte hierbei veranlasst werden, die Tätigkeit kognitiv zu durchdringen und sie in Beziehung mit den eigenen körperlichen Notwendigkeiten und Auswirkungen zu setzen. Methodisch kann dies durch die Aufforderung zum gedanklichen Mitvollzug, durch systematisches Beobachten von Könnern, durch die Aufforderung zur Analyse der effektivsten

Lösung bei Darstellung verschiedener Vorgehensweisen oder durch eine begleitende Verbalisierung erfolgen. Im Rahmen so genannter psychoregulativ akzentuierten Trainingsverfahren wird beispielsweise versucht, gezielt die Beobachtungs-, Vorstellungs-, Denk- und Sprechtätigkeit des Lernenden in den Lernvorgang mit einzubeziehen (Schelten 2005, S. 138ff.).
Die Förderung von Lernstrategien ist nicht allein auf personale Lehrsituationen beschränkt. Auch innerhalb von rechnergestützten Lernumgebungen bieten sich verschiedene Möglichkeiten der direkten oder indirekten Anregung der Lerner. Borgenheimer (2014, S. 61) verweist in diesem Zusammenhang auf das *Promting* (Auffordern, Anregen). Dabei werden die Lerner durch entsprechende *Promts* aufgefordert, bestimmte Aspekte des Lehrgegenstandes bzw. ihre mentalen Aktivitäten mündlich oder schriftlich näher zu erläutern (Bannert 2007, S. 115). Angeregt werden kann der Lerner ferner durch konkrete Fragen, Aufforderungen, einen Textabschnitt zusammenzufassen oder Beispiele für die dargebotenen Lerninhalte zu finden.

Entwicklung und Förderung von Kreativität: Naturgemäß wird man für das komplexe Gefüge solch verschiedener Eigenschaften und Verhaltensdispositionen wie sie der Begriff Kreativität umfasst, keine eindimensionalen Entstehungsprozesse erwarten können. Feldman (1999, S. 173) zählt denn auch sieben verschiedene Aspekte auf, die auf die Entwicklung der Kreativität Einfluss nehmen können: Die (1) kognitive und (2) soziale sowie emotionale Entwicklung, die (3) Familiendynamik und Genetik sowie (4) Erziehung und Sozialisation. Des Weiteren nennt er den (5) Entwicklungsstand der jeweiligen Domäne sowie deren augenblickliche Bedeutung für das Individuum und generell (6) anthropologische, soziologische sowie (7) geschichtliche und evolutionäre Einflüsse.
Auch wenn kreative Leistungen nicht in allen Bereichen eine ausgeprägte Expertise erfordern, ist im Allgemeinen eine intensive Beschäftigung mit der jeweiligen Domäne wohl unumgänglich. Kreativität ist zumeist das Resultat konzentrierter Arbeit. Kreative Spitzenleistungen sind zudem oft eher Eintagsfliegen, lassen sich also nicht ohne weiteres wiederholen. Dass technische Kreativität allerdings durch Trainingsmaßnahmen gesteigert werden kann, darauf deutete ein Experiment von Annett Kluge und Peter Zysno (1993) mit Studenten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik hin.
Nun geht es im allgemeinbildenden oder schulischen Bereich sicher nicht um die Genese kreativer Spitzenleistungen, sondern um den Versuch, diejenigen kognitiven Wesenseigenschaften zu befördern, die für kreative Leistungen ursächlich sind. Sie basieren im Wesentlichen auf den gleichen kognitiven Prozessen, die bei anderen gedanklichen Operationen zum Tragen kommen. Oerter (2008, S. 791f.) nennt hier vor allem die Fähigkeit zu divergentem und rekursivem Denken. Um dieses zu lernen, braucht es nicht in jedem Fall den vorausgehenden Aufbau von Expertenwissen. Bei der Wissenskonstruktion oder Wissensanwendung sind nämlich permanent kreative Prozesse erforderlich (ebd., S. 794).
Angesichts biographischer Analysen einzelner Persönlichkeiten kann der Einfluss des Lehrpersonals bzw. der Bildungseinrichtung auf die Entwicklung von Kreativität durchaus kontrovers diskutiert werden. Die Frage, ob kreative Persönlichkeiten ihr Potenzial trotz oder wegen institutioneller Bildungsbemühungen ausbauen konnten, ist daher so einfach nicht zu beantworten. Die Annahme, dass sich Kreativität weitestgehend autonom entwickelt, wird der Realität allerdings nicht gerecht. Denn – auch das zeigen biographische Studien – Anleitung und Unterstützung wie sie Lehrende, Mentoren oder ein geeignetes soziales Umfeld bieten können, sind in bestimmten Phasen der Entwicklung kreativer Persönlichkeiten fruchtbar und förderlich (Feldman 1999, S. 176). Um die Kreativität bei Kindern und Jugendlichen zu fördern, bedarf es daher einer ganzen Reihe von Maßnahmen. Zunächst gilt es, den Boden für kreative Prozesse zu bereiten. Dazu zählt die Ausstattung mit geeignetem Vorwissen. Wichtig ist ferner, eine Lern- und Arbeitsatmosphäre herbeizuführen, die auf Zutrauen und Verantwortungsübertragung angelegt ist, Freiräume auch für unkonventionelle Ideen und Vorgehensweisen bietet, insgesamt also ein günstiges emotionales Umfeld schafft (vgl. Jeretin-Kopf & Haas 2018). Die Förderung

und Belohnung von Eigeninitiative, Spontaneität und Selbstständigkeit beim Herangehen an Probleme scheinen kreative Prozesse genauso zu fördern wie spielerische Lernsituationen und problemorientiertes Lernen in Gruppen (vgl. Keller & Novak 2007, S. 215).

Abb. 6.1: Kreativitätstechniken – Schülerinnen bei der Arbeit mit dem Ideomat[48]

6.5 Zusammenfassung

Eine Methodenbetrachtung aus psychologischer Richtung kann sich vor allem auf den Menschen als lernendes Wesen konzentrieren. Im Mittelpunkt steht dann der individuelle Lernprozess als solcher und die mit ihm verknüpften Aspekte des Verhaltens und Erlebens. Methoden die aus dieser Perspektive betrachtet werden, sind daher in erster Linie dahingehend zu beurteilen, inwiefern sie einzelne Facetten von Wissen, Können und Wollen fördern bzw. den Aufbau psychischer Regulationsstrukturen unterstützen können.
Ganz unabhängig von inhaltlichen Aspekten kann indes auch eine psychologische Betrachtung von Methoden nicht erfolgen, da die Inhalte als Lerngegenstände ja zum Aufbau entsprechender mentaler Repräsentationen beitragen sollen. Außerdem zählen Methoden im Bereich technischer Bildung oftmals selbst zu den Lerninhalten. Dies zwingt, nicht nur darüber nachzudenken, inwiefern die instruktiven Qualitäten einzelner Methoden der Spezifität der Lerninhalte gerecht werden können, sondern auch, inwieweit Methoden selbst solchen Eigenschaften genügen müssen. Beachtet werden sollten in diesem Zusammenhang Punkte wie die Anschlussfähigkeit neuen Wissens an bereits Gelerntes, der motivierende und interessante Charakter der Inhalte, ein angemessener Schwierigkeitsgrad sowie die Möglichkeit, sich dem Inhalt auf verschiedene Art und Weise zu nähern.
Eine sinnvolle Auswahl von Methoden bedarf einer Vorstellung davon, wie sich Lernen grundsätzlich „ereignet“ – wie sich also ein verhaltensregulierender Gedächtnisbesitz individuell aufbaut. Sollen Methoden den Auf- und Umbau von Erkenntnissen und Erfahrung befördern, müssen kognitionspsychologische Modellvorstellungen zur Informationsverarbeitung und Verhaltensänderung Beachtung finden, etwa bei der Aufmerksamkeitsfokussierung, der Strukturierung der Lernwege oder beim Angebot an Erarbeitungsmöglichkeiten.
Der Blick auf den Lernprozess macht zudem deutlich, dass an verschiedenen Stellen Hilfen zur

[48] Dabei handelt es sich um gegeneinander verschiebare Scheiben mit Bildern oder Begriffen, die durch ihre Kombinationsmöglichkeiten zur Findung neuer Produktideen anregen sollen.

Selbsthilfe sinnvoll sind. Die Initiierung und Anleitung von Lernstrategien und Lerntechniken durch das Bildungspersonal fördert sowohl die Einarbeitung als auch das Behalten neuer Informationen. Die nachfolgende Abbildung fasst den Abschnitt noch einmal stichpunktartig zusammen.

Methoden aus psychologischer Sicht			
…dienen der Realisierung folgender…	…ermöglichen die Aneignung und Durchdringung der….	…fördern grundsätzlich den Aufbau von…	..unterstützen konkret den…
Ziele	Inhalte	Erkenntnis	Lernprozess
Aufbau von • Sach-, Begriffs- und Regelwissen (Deklaratives Wissen). • Handlungswissen, Wissen über Fertigkeiten und Verfahren, Problemlösungswissen (prozedurales Wissen). • Wissen über Wissenserwerb und Lernstrategien (metakognitives Wissen). • automatisierten Komponenten von Tätigkeiten (Fertigkeiten). • Kreativität und Problemlösefähigkeit. • Motivation und Selbstkonzept. • Auf technische Tätigkeiten bezogene Handlungsregulationen.	Durch • Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen und Vorwissen der Lerner, • motivationale Anreize aufgrund externer Stimuli und adäquater Aufgabenstellungen, • authentische, lebensnahe und komplexe Ausgangsprobleme und angemessene Problemlösungsmöglichkeiten, • unterschiedliche Anwendungssituationen und Perspektiven auf die Inhalte, • Möglichkeiten zu Artikulation, Reflexion und sozialem Austausch über die Lerninhalte.	über eine angemessene Orientierung an einzelnen Lerntheorien, z.B. durch • Belohnung, Bekräftigung bzw. Verstärkung des erwünschten Verhaltens (Behaviorismus), • Berücksichtigung des Vorwissens, Aufbereitung der Inhalte, Anwendung von Lerntechniken sowie Wiederholung und Übung (Kognitivismus), • ein Angebot an unterschiedlichen Lernwegen, sozialen Interaktionen und Anregungen für metakognitive Prozesse (Konstruktivismus). und über die Berücksichtigung der Spezifika des Lernprozesses, bei der • Informationsaufnahme (z.B. Aufmerksamkeit herbeiführen, an Vorwissen anknüpfen) und • Informationsverarbeitung (z.B. Erinnerung aktivieren, wiederholen, üben, trainieren).	durch Initiierung, Anleitung und Training kognitiver und metakognitiver Lernstrategien, wie z.B. • Elaborationsstrategien: Inneres Sprechen, Fragen an den Inhalt, bildliches Übersetzen, Mnemotechniken, • Ordnungs- und Reduktionsstrategien: Zusammenfassen, Hierarchisieren, Klassifizieren, Skizzieren, • Selbstkontroll- und Selbstregulationsstrategien: Planung, Regulierung und Bewertung des eigenen Lernens, • Problemlösungsstrategien: Algorithmisches Lösen, Unterschiedsreduktion, Analogiebildung sowie durch gezielte Lernhilfen • für den Fertigkeitsaufbau, z.B. durch psychoregulativ akzentuiertes Training • und für die Kreativität durch Freiräume für Spontaneität und Selbstständigkeit.

Abb. 6.2: Methodenaufklärung durch (lern)- und kognitionspsychologische Aspekte

7 Methoden technischer Bildung

Methodenentscheidungen im Rahmen technischer Bildung können aus einem breiten Fundus an Verfahren und Vorgehensweisen schöpfen. Zur Verfügung steht das Repertoire an bereits eingeführten und in der didaktischen Literatur reflektierten „klassischen“ Methoden technischer Allgemeinbildung (vgl. Wilkening 1977; Henseler & Höpgen 1996; Schmayl 1999). Zusätzlich findet sich in Forschung und Praxis eine Reihe anderer Verfahren zur Lösung technikbezogener Probleme und Aufgaben. Trotz ihres offensichtlichen Potenzials für die Durchführung technikbezogener Bildungsprozesse haben sie bisher nur vereinzelt Eingang in technikdidaktische Diskurse gefunden. Das in den vorangegangenen Abschnitten ausdifferenzierte ZIEL-System von Kriterien kann mit dazu beitragen, Methoden aus der Sphäre der (technischen) Wissenschaften oder der technischen Praxis für die technische Bildung nutzbar zu machen und Entscheidungen für oder gegen ein bestimmtes Verfahren didaktisch abzusichern.
Ohne den Anspruch, ein vollständiges Kompendium vorlegen zu wollen, werden in Abschnitt 7.1 zunächst die „gebräuchlichen“ Methoden technischer Bildung vorgestellt und ansatzweise anhand der vorher aufgeführten Kriterien charakterisiert. Abschnitt 7.2 widmet sich dann vorrangig solchen Methoden, die im technikdidaktischen Diskurs bisher unterrepräsentiert sind. Auch sie werden punktuell entlang des ZIEL-Systems charakterisiert.

7.1 „Klassische“ Methoden technischer Bildung

7.1.1 Erschließung außerschulischer Lernorte im Rahmen technischer Bildung am Beispiel Betrieb

Grundsätzliche Möglichkeiten der Begegnung mit Arbeit und Technik: Schulisches Lernen, das auf die Hinführung von Schülerinnen und Schülern zu Arbeit, Beruf und Technik abzielt, kommt nicht ohne eine Begegnung mit dieser Welt aus. Dafür gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Eine Option belässt die Begegnung im Raum der Schule. Die Lernenden setzen sich hier mit den ökonomischen Rahmenbedingungen, den strukturellen Gegebenheiten und Anforderungen moderner Arbeitsprozesse oder den Beziehungen innerhalb soziotechnischer Systeme mittels Repräsentationen und modellhafter Methoden auseinander.
Eine Alternative bietet die Begegnung mit außerschulischen Orten. Zu diesen zählen im Kontext technischer Bildung zum Beispiel Berufs- oder Fachschulen, Ausbildungszentren von Unternehmen oder Kammern, Technikmuseen und natürlich entsprechende Unternehmen und Betriebe. Sie werden nachfolgend stellvertretend für andere außerschulische Lernorte näher in den Blick genommen.

Lernort Betrieb: Dem Lernort Betrieb werden besonders dann Lernchancen zugesprochen, wenn es gilt, das soziotechnische Bedingungsgefüge in der Arbeitswelt zu analysieren und im Hinblick auf eigene Interessen und Fähigkeiten zu sondieren. Praktika oder Betriebserkundungen zählen daher zu bevorzugten Methoden im Rahmen der Studien- und Berufsorientierung. Eröffnet werden sollen Einblicke sowohl in typische Aufgabenstrukturen von Berufsinhabern als auch in den jeweiligen ökonomischen, sozialen oder technologischen Kontext. Ob die intendierten Erfahrungsmöglichkeiten tatsächlich bei Schülerinnen und Schülern greifen, hängt von einer Vielzahl an Aspekten ab. Von Bedeutung ist beispielsweise die Exemplarität der erlebbaren Aufgaben und Technologien oder eine angemessene Reduzierung der Anforderungen bei praktischen Arbeiten. Wichtig sind zudem begleitende Angebote zur Kommunikation und Reflexion über das Erlebte. Beeinflusst werden diese Aspekte auf betrieblicher Seite von den jeweils vorhandenen Strukturen oder Organisationsmustern. Beispielhaft lässt sich das an der industriellen Ausbildung aufzeigen. Schon früh führten Taylorisierung, Automatisierung und

fortschreitende Rationalisierung dort zu einer Verlagerung der Ausbildung an zentrale Lernorte, die mit dem eigentlichen betrieblichen Geschehen nicht mehr unmittelbar in Verbindung gebracht werden können. Die Qualifizierung der Auszubildenden in Lehrwerkstätten oder Ausbildungszentren soll eine Störung der komplexen Arbeitsprozesse durch das Ausbildungsgeschehen vermeiden helfen und gleichzeitig einen hohen Ausbildungsstandard gewährleisten. Praktika in Lehrwerkstätten vermitteln aber nicht in jedem Fall reale Eindrücke über die industriellen Arbeitsabläufe. Andererseits sind für realistische Einblicke in die industrielle Ausbildung immer auch die zentralen Lernorte zu erkunden.
Die kritische Rezeption des Lernorts Betriebs in der berufspädagogischen Literatur verweist auf weitere Defizite, die ein nur kurzfristiger Einblick mit sich bringen kann. Moniert werden dort etwa die fragmentarischen Erfahrungen, die oft in Unkenntnis übergeordneter Geschäfts- oder Arbeitsprozesse gewonnen werden. Hingewiesen wird ferner auf die Dominanz arbeitsorganisatorischer oder technologischer Besonderheiten, die sich durch die spezifische Produktorientierung einzelner Betriebe ergibt und die zu einem verzerrten Bild über berufliche Anforderungen, Tätigkeitsbereiche oder Technikeinsatz führen kann. Die komplexen sozioökonomischen oder soziotechnischen Zusammenhänge könnten so nur unzureichend direkt im Unternehmen in Erfahrung gebracht werden. Erforderlich sei vielmehr eine tiefere Auseinandersetzung (vgl. Greinert 2000, S. 205f.).
Die vorgebrachten Bedenken hinsichtlich der Lernchancen von Betrieben und Unternehmen legen eine umsichtige didaktisch-methodische Planung und Erschließung des Lernpotenzials von Betrieben und Unternehmen nahe.

Verfahren betrieblicher Realbegegnung: Der grundsätzliche didaktische Nutzen der auf Realkontakte angelegten Verfahren ist in zwei Richtungen zu sehen: Entweder kann der Praxiskontakt als Anwendungsbereich der Theorie dienen oder er bietet sich als Ausgangspunkt für die Theoriebildung im Unterricht an. Die Reichweite der Verfahren hängt jedoch vom jeweiligen Didaktisierungsgrad ab. Hier lassen sich nach Platte (1986, S. 11f.) verschiedene Abstufungen unterscheiden: Bei der organisierten Betriebsbesichtigung sind Route und Erfahrungsbereiche vom Betrieb festgelegt. Sie scheint daher eher dafür geeignet zu sein, sich einen Gesamteindruck über den Betrieb zu verschaffen. Die Qualität der eher zufälligen Eindrücke und Erfahrungen bleibt außerdem stark vom Vorwissen bzw. von der Aufmerksamkeit des Besuchers abhängig. Der Didaktisierungsgrad beim Betriebsdurchgang ist bereits höher, da hier die Aufmerksamkeit auf eine gezielte Auswahl an Gegenständen oder Vorgängen gelegt wird, die zumeist die spezifische Leistung oder den spezifischen Leistungserstellungsprozess dokumentieren sollen. Betriebserkundungen zielen entweder auf einzelne ausgewählte Gegenstände, Vorgänge oder Teilprozesse oder auf das in den Einzelelementen repräsentierte Betriebsganze. Ziel einer Betriebsbegehung ist die vergleichende Kenntnisnahme und Bestandsaufnahme bestimmter Betriebselemente unter einem übergeordneten Gesichtspunkt. Die Intention eines Betriebspraktikums ist die Auseinandersetzung des Praktikanten mit praktischen Aufgabenstellungen innerhalb eines durch Berufs- und Arbeitsteilung bestimmten, unter technisch-ökonomischen und sozial-gesellschaftlichen Bedingungen erfolgenden Leistungserstellungsprozesses. Der Praktikant wird hier über einen längeren Zeitraum selbst tätig. Betriebserkundung und Betriebspraktikum werden aufgrund ihrer didaktischen Relevanz nachfolgend etwas ausführlicher behandelt.

7.1.1.1 (Betriebs-)erkundung

Charakterisierung: Erkundungen spielen im allgemeinbildenden wie auch im beruflichen Schulwesen im methodischen Gefüge unterschiedlicher Fächer eine wichtige Rolle. Ziel und Zweck einer Erkundung bestehen darin, dass der Lerner – ausgestattet mit einem bestimmten

Vorwissen – seine Aufmerksamkeit auf unmittelbar der Wahrnehmung zugängliche Phänomene oder Dinge lenkt, deren Eigenschaften qualitativ und quantitativ zu erfassen sucht und in Verbindung mit sich anschließenden Reflexionsprozessen zu Erkenntnissen gelangt. Nach Klafki bedeutet Erkunden (1970, S. 86, zit. in Kaiser & Kaminski 1999, S 295), *„[...] unter bestimmten Fragestellungen in methodisch durchdachter Form in einem bestimmten Wirklichkeitsbereich Informationen einzuholen, um anschließend mit Hilfe der so gewonnenen Informationen jene Ausgangsfragen beantworten und in Teilantworten zu einem Erkenntniszusammenhang weiterentwickeln zu können*." Neben Bauwerken, Infrastrukturen, technischen Anlagen und Prozessen, die in Museen, Ausstellungen oder Messen zugänglich sind, gehören vor allem Betriebe zu den Erkundungsschwerpunkten technischer Bildung.
Betriebserkundungen sind gezielt vor- und nachzubereiten und so anzulegen, dass die Schülerinnen und Schüler durch didaktisch gelenkte Beobachtungen und vorbereitete Fragestellungen differenzierte Einblicke in die jeweils gewählten Bereiche gewinnen können (vgl. Neugebauer 1977, S. 223). Inhaltlich und organisatorisch sind verschiedene Varianten denkbar. Bei der genaueren didaktischen Verortung der Methode helfen die nachfolgend aufgeführten Unterscheidungskriterien. So lassen sich (Betriebs-)erkundungen nach Art und Umfang der zu erkundenden Aspekte (Aspekterkundung oder Gesamterkundung), nach ihrer curricularen und zeitlichen Anordnung (Zuordnung zu Jahrgangsstufen, Lernzielen oder Lernabschnitten) oder nach ihrer Durchführungsform (Einzel-, Partner- oder Gruppenerkundung) unterscheiden.
Da selbst kleinste Betriebe komplexe Strukturen aufweisen, ist es zweckmäßig, den Blick auf ausgewählte Aspekte oder Strukturen zu lenken. Unterscheiden lassen sich etwa der berufskundliche, der wirtschaftliche, soziale und eben auch der technische Aspekt. Bei der Wahl eines technischen Aspekts kann der Fokus auf der Analyse einzelner technischer Artefakte, Sachsysteme, Verfahren, Prozesse oder Handlungen liegen. Werden verschiedene Aspekte von Schülergruppen in den Blick genommen und anschließend mit der Gesamtstruktur in Beziehung gesetzt, spricht man auch von einer Gesamterkundung (vgl. Platte 1981, S. 217).
Neben der Unterscheidung in Aspekterkundung oder Gesamterkundung lassen sich Erkundungen auch nach ihrer Stellung innerhalb eines Curriculums oder einer Lernsequenz unterscheiden: Die Orientierungserkundung oder Zugangserkundung steht dabei am Anfang einer Lernsequenz, sie dient der Motivation oder Hinführung zu einem Themenkomplex und soll die Komplexität der Wirklichkeit als lohnenden Unterrichtsgegenstand erfahrbar machen. Der Schüler ist dabei freilich mehr Phänomenologe und weniger empirischer Forscher. Eine Analyse(aspekt)erkundung steht dagegen eher in der Mitte einer Lernsequenz. Es handelt sich hier beispielsweise um das gängige Format für eine Betriebserkundung. Der Schüler sollte hier bereits über umfangreiche Vorinformationen verfügen. Der Zeitpunkt für eine Testerkundung ist dagegen eher am Ende einer Lernsequenz. Ziel ist hier, die erzielten Unterrichtsergebnisse durch Konfrontation mit der Praxis zu überprüfen.
Durch den stufenweisen Aufbau von Erkenntnissen und die interpretative Auslegung der gewonnenen Informationen zeichnet sich die Methode neben ihrem empirischen Charakter auch durch eine hermeneutische Struktur aus.

Ablauf

Für die Durchführung von Erkundungen existieren verschiedene Ablaufmodelle. Für Betriebserkundung etwa von Fähnrich (1972) oder Horner & Klebel (1992). Sie zeichnen sich generell durch einen dreiphasigen Ablauf aus.

Vorbereitungsphase

Hier ist zunächst wichtig, dass sich die Lehrperson selbst dem zu erkundenden Lernort zuwendet. Handelt es sich beispielsweise um einen Betrieb, so ist der jeweilige Wirtschaftsbereich oder die Branche näher zu analysieren. Nach Auswahl eines bestimmten Lernortes muss dieser

kontaktiert werden und es sind eine ganze Reihe organisatorischer Fragen zu klären (z.B. Zeitpunkt, Ablauf, Erkundungsbereiche, Gruppengröße u.a.). Neben den Lehrpersonen betrifft die Vorbereitungsphase natürlich auch die Schülerinnen und Schüler.
Zum Wesen der „klassischen" Erkundung zählt, dass die Schülerinnen und Schüler selbsttätig und in Kooperation mit anderen zu Erkenntnissen gelangen. Bereits im Hauptschulgutachten des Deutschen Ausschusses für das Bildungswesen von 1964 (S. 33) wurde darauf hingewiesen, dass Betriebserkundungen für die technisch-ökonomische Grundbildung nur dann effektiv sind, wenn die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen haben, auf deren Grundlage sie das bereits Erlernte mit der Realität in Beziehung setzen können. Der Lernerfolg hängt also in vielfältiger Weise von einer sorgfältigen Vorbereitung ab, da beispielsweise grundlegende Kenntnisse der zu erkundenden Aspekte vorhanden sein müssen, eine gezielte Beobachtung nur dann gewährleistet ist, wenn der Beobachter auch dafür sensibilisiert wurde und gegebenenfalls vorher auch adäquate Formen der Gesprächsführung bzw. der Fragetechnik eingeübt werden müssen.
Bei der Vorbereitung einer Erkundung ist der Einsatz verschiedener anderer Methoden angebracht. Methoden, die zum Aufbau eines Vorverständnisses dienen können sind zum Beispiel die Dokumentenanalyse (z.B. Analyse von Stellenanzeigen der Branche oder Sichtung der Informationsangebote im Internet), die Arbeit mit berufskundlichen oder branchenbezogenen Filmen oder die Analyse von Produkten eines Betriebs hinsichtlich technischer, berufskundlicher, ökologischer oder wirtschaftlicher Aspekte. Aus der Vorbereitungsphase sollte dann ein Fragenkatalog resultieren, anhand dessen die Vorkenntnisse im Betrieb überprüft bzw. erweitert werden.

Durchführung
Die Durchführung richtet sich nach den vorher festgelegten organisatorischen und zeitlichen Rahmenbedingungen. Üblich ist eine Kurzinformation durch die Betriebsleitung zu Beginn der Erkundung. Daran schließen sich die Erkundungsgänge an, die möglichst in Gruppen durchzuführen sind. Ein gemeinsames Gespräch mit Betriebsangehörigen könnte den Abschluss der Veranstaltung bilden. Verwandte wissenschaftliche Methoden aus der Betriebssoziologie, Arbeitswissenschaft oder Arbeitspsychologie deuten darauf hin, dass die Effektivität einer Betriebserkundung dann gesteigert werden kann, wenn die Reihenfolge der Gesprächspartner im Vorfeld genauer festgelegt wird. Mit der so genannten MTO-Analyse von Strohm & Ulich (1997) existiert beispielsweise ein ganzheitlicher Ansatz zur Untersuchung von Unternehmen, bei dem der Fokus grundsätzlich auf vier Ebenen eines Betriebs gelenkt wird: Auf die Ebene des Unternehmens, auf die Ebene verschiedener Organisationseinheiten, auf Gruppenebene und auf die Ebene des einzelnen Arbeitsnehmers. Die Untersuchung des Unternehmens oder Betriebs erfolgt nach dem Top-Down-Ansatz. Das bedeutet, dass die Ergebnisse der Untersuchung der „höheren" Betriebsebenen mit in die Analysen der „tieferen" Betriebsebenen einfließen. Begonnen wird daher mit der Befragung auf Unternehmensebene. Diese Vorgehensweise soll zu einem umfassenden Verständnis der betrieblichen Realität führen. Auch für eine Betriebserkundung mit Schülerinnen und Schüler kann die Befragung top down eine adäquate Möglichkeit zur systematischen Informationsgewinnung sein (vgl. Hemmer & Köck 2004).

Verarbeitungs- oder Auswertungsphase
Im Mittelpunkt dieser Phase steht die Auswertung der Ergebnisse der Erkundung. Die Basis hierfür bilden die beantworteten Fragen sowie die im Verlauf der Erkundung erstellten Materialien (z.B. Fotos, Gesprächsprotokolle oder Skizzen). Die Auswertung kann in einer Präsentation, Ausstellung oder der Anfertigung eines Artikels für eine Zeitung resultieren. Wichtig dabei ist, dass die betriebsspezifischen Erkenntnisse und Erfahrungen relativiert und generalisiert werden. Nicht nur hier sind Lehrerinnen und Lehrer als Fachleute gefordert.

7.1.1.2 Betriebspraktikum

Charakterisierung: Der Begriff Betriebspraktikum wird heute im Zusammenhang mit der Schnupperlehre sowie dem Berufs-, Firmen-, Haushalts-, Industrie-, Landwirtschafts-, Sozial-, Verwaltungs- und Wirtschaftspraktikum genannt (Faulstich-Wieland 1996, S. 351). Neben der Betriebserkundung gilt das Betriebspraktikum besonders im Rahmen arbeits- oder berufsorientierender Bildungsmaßnahmen als wichtige methodische Form. Beim Betriebspraktikum handelt es sich um eine von Schule und Betrieb gemeinsam getragene Veranstaltung, die der Erfahrungssammlung in einem realen Arbeits-, Technik- oder Wirtschaftsumfeld dient (vgl. Schudy 2002). Wie bereits die KMK (1969) in ihren Empfehlungen zur Hauptschule anregte, kann diese Methode einen sinnvollen Beitrag zur Berufswahlvorbereitung leisten. Sie erlaubt Einblicke in die technischen, wirtschaftlichen und sozialen Strukturen und Leistungsanforderungen der Arbeits- und Wirtschaftswelt und trägt damit zu einer „allgemeinen Orientierung über die Wirtschafts- und Arbeitswelt“ bei. Ferner macht sie mit fundamentalen Arbeitstugenden und Arbeitsqualitäten bekannt. Die Konfrontation mit Leistungsanforderungen wie Konzentration, Genauigkeit, Flexibilität und Kooperationsfähigkeit soll Schülerinnen und Schüler zur Auseinandersetzung mit den eigenen Interessen und Fähigkeiten anregen.
Je nach Stellung im curricularen Zusammenhang kann zwischen dem Orientierungspraktikum, dem Erprobungspraktikum oder dem Kontrastpraktikum unterschieden werden (Platte 1981). Der Grundgedanke des Orientierungspraktikums besteht in der Auseinandersetzung des Praktikanten mit praktischen Aufgaben, die in wechselnden sozialen, technischen und beruflichen Umfeldern zu erledigen sind. Diese Form des Praktikums ermöglicht überwiegend Einblicke in Arbeits- und Produktionsprozesse, sowie deren soziotechnische Gestaltung. Aufgrund der nur partiell möglichen Erfahrungen ist sowohl eine ausreichende schulische Vorstrukturierung des Praktikumsumfeldes als auch eine nachbereitende Thematisierung der gewonnenen Eindrücke im Anschluss an das Praktikum unerlässlich. Das Betriebspraktikum als Erprobungspraktikum soll durch die Auseinandersetzung des Praktikanten mit praktischen Aufgabenstellungen aus dem Arbeitsfeld eines bestimmten Berufs Hilfestellung bei der Formulierung oder Festigung eines individuellen Berufswunsches leisten. An verschiedenen Arbeitsplätzen sollen Erfahrungen gesammelt werden, um die geistigen und körperlichen Anforderungen des ins Auge gefassten Berufs praxisnah kennen zu lernen und um die eigenen Fähigkeiten und Neigungen besser einschätzen zu lernen. Beim Kontrastpraktikum geht es darum, Tätigkeiten eines anderen Berufs- oder Aufgabenfeldes als den bis dato ins Auge gefassten kennen zu lernen. Ziel ist es hier, entweder die Entscheidungsparamter für einen Berufswunsch oder eine Berufswahl zu festigen oder aber das Feld möglicher beruflicher Optionen zu erweitern. Neben dem curricularen Bezug spielt die zeitliche Lage bzw. die organisationelle Anordnung von Betriebspraktika für die jeweils angestrebten Ziele eine nicht unerhebliche Rolle. Unterschieden werden kann in diesem Zusammenhang das Tages-, Wochen- oder Blockpraktikum.
Erkenntnis- und Erfahrungszuwachs bietet das Betriebspraktikum vor allem durch notwendige Abfolge empirischer Analysen und konkreter Praxisphasen.

Ablauf

Vorbereitungsphase
Wie bei jeder anderen methodischen Großform sind hier vom Lehrpersonal umfangreiche organisatorische, inhaltliche und methodische Vorbereitungen zu treffen. Zunächst sind die Eltern zu informieren, Erwartungen und Wünsche der Zielgruppe zu kanalisieren und ggf. geeignete Praktikumsplätze sowie Ansprechpartner oder Betreuer zu suchen. Inhaltlich müssen die angehenden Praktikanten über Sicherheitsbestimmungen und Arbeitsschutz informiert werden sowie Einblicke in technische bzw. ökonomische Besonderheiten der ausgewählten Betriebe er-

halten. Aufgabe des pädagogischen Personals ist es zudem, die Schülerinnen und Schüler methodisch vorzubereiten. Dazu zählt die Einübung von Fragetechniken ebenso wie das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Sicherung der Eindrücke. Eingeübt werden sollte im Vorfeld auch das gezielte Beobachten einzelner Arbeitsplätze sowie das Sichern der Ergebnisse mittels Tages- bzw. Wochenberichten oder Skizzen.

Durchführung
Die beabsichtigten Ziele eines Praktikums werden wohl nur dann zu erreichen sein, wenn die Schülerinnen und Schüler ihre Erfahrungen und Erkenntnisse einerseits selbstgesteuert und entdeckend und andererseits unter angemessener fachlicher Instruktion erlangen. Die Arbeitsplätze, Aufgaben sowie das betriebliche Umfeld sind zu „erforschen" und die gewonnenen Eindrücke anschließend zu reflektieren. Dabei kann eine Betreuerin oder ein Betreuer bzw. das pädagogische Personal behilflich sein.
Zu den konkreten Lernhilfen, mit denen die Praktikumsbetreuer den Erfahrungs- und Erkenntniszuwachs befördern können, zählen unter anderem: Die Thematisierung des Kontextes, eine Demonstration bestimmter Vorgehensweisen und Teilproblemlösungen, die Aufforderung zum Nachmachen oder das gezielte Ermuntern des Praktikanten zur Versprachlichung des neu erworbenen Wissens. Durch die Anfertigung eines Praktikumsberichts, in dem der Praktikant täglich Arbeitsabläufe und Tätigkeiten dokumentiert, wird die Reflexion des betrieblich-beruflichen Geschehens ebenfalls befördert.

Nachbereitung
In dieser Phase gilt es, die Erkenntnisse und Erfahrungen noch einmal zu sammeln und im Hinblick auf die beabsichtigten Ziele zu reflektieren. Wichtig ist zudem, dass die unter Umständen erlebten ausschnitthaften Erfahrungen relativiert werden, z.B. auf den Unterschied zwischen Praktikum, Ausbildung und späterer Berufsarbeit hingewiesen wird.

7.1.2 Fallstudie

Charakteristik: Bei einer Fallstudie werden reale Einzelvorkommnisse durch Vereinfachung, Reduzierung und Strukturierung so auf den Unterricht zugeschnitten, dass Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, nach möglichst eigenständiger Informationsbeschaffung, Analyse und Reflexionsprozessen vorgegebene Lösungen nachzuvollziehen oder selbstständig (alternative) Lösungen des Falls zu entwickeln. Der Ursprung dieser Unterrichtsmethode wird von Kaiser (1983) in Lernkonzepten in der amerikanischen Hochschulausbildung gesehen. An der Harvard Business School wurden sogenannte „*case studies*" eingesetzt, um damit das Problemlösen beim Managementnachwuchs zu schulen.
Im Rahmen technischer Bildungsprozesse können Fallstudien mit dazu beitragen, fachliche und methodische Kompetenzen oder technikbezogene Einstellungen auszubilden. Die Konfrontation mit Fällen, bei denen Menschen beispielsweise in problematischer, existenzieller oder beruflicher Weise von Technik oder Technologien betroffen sind, fordert zunächst dazu heraus, sich so weit als nötig mit der jeweiligen Technologie bzw. dem technologischen Hintergrund zu befassen. Auf dieser Grundlage kann dann eine Beurteilung und Bewertung vorgegebener Lösungen oder die Ausarbeitung eigener Lösung erfolgen. In besonderer Weise geeignet erscheint die Methode für eine Auseinandersetzung mit den politischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen oder sozialen Auswirkungen der Technik. Ihren didaktischen Ort hat die Fallstudie im Rahmen technischer Bildung daher wohl vor allem im weiten Feld der Technikbewertung.
Eine besondere Bedeutung wird der Fallstudie u.a. bei der Ausbildung von Urteils- und Entscheidungsfähigkeit zugebilligt. Die Rezeption fremder Schicksale und biographischer Episoden, die Perspektivenübernahme der Beteiligten und die Gedankenexperimente bei der Lösung

des Falles können wie in einem Laboratorium dazu dienen, Vorstellungen über das eigene Ich anzuregen. Die Analyse des Problems, Gedankenexperimente und die sich anschließende Entscheidungsfindung in Bezug auf soziotechnische Probleme bedingen eine Reflexion von Handlungsursachen und Handlungsalternativen. Die lösungsorientierte Auseinandersetzung mit dem Fall kann so ggf. Einfluss auf das eigene Verhalten nehmen und einen Beitrag zur Selbsterkenntnis und Selbstkonzeptentwicklung leisten.
Die Methode baut in weiten Teilen auf Selbststeuerung und zeigt damit ihre Nähe zum konstruktivistischen Lernparadigma. Die Erkenntnistätigkeit vollzieht sich hermeneutisch beim Nachvollziehen von Entscheidungen bzw. im diskursiven und kooperativen Herantasten an eigenständige Lösungen. Es lassen sich verschiedene Varianten der Methode unterscheiden, bei denen sich die Erkenntnisarbeit jeweils mit unterschiedlichen Schwerpunkten entfalten soll (Kaiser 1976a, S. 54f.): Das Spektrum reicht vom eher deskriptiven Nachvollzug bis hin zur theoretischen Problemlösung. Die Stellschraube hierfür ist das jeweils zugängliche Ausmaß an Informationen. Bei der *case-study-method* sind alle Informationen weitestgehend vorgegeben. Der Schwerpunkt liegt hier auf der Analyse der nicht offensichtlich zu Tage tretenden Probleme. Bei der *case-problem-method* werden auch die Probleme ausdrücklich genannt, müssen also nicht gefunden werden. Das vorgegebene Material soll die Erarbeitung von Lösungsvarianten für die vorgegebene Problemstellung sowie eine Entscheidung befördern. Der Fall bei der *case-incident-method* zeigt sich dagegen lückenhaft. Die Lerner sind hier auf die Informationsrecherche angewiesen und sollen so zu einer Entscheidung kommen. Bei der *stated-problem- method* sind Probleme, Informationen und Lösungen dokumentiert. Beabsichtigt ist hier, dass die Lerner die Entscheidungen nachvollziehen, die Lösungen diskutieren und ggf. alternative Lösungen entwickeln.
Im Verlauf der Methode muss ggf. an verschiedenen Stellen Hilfestellung gewährt werden. Diese umfasst zum Beispiel Hilfestellung für einzelne Personen oder ganze Gruppen bei der Selbstorganisation, die Unterstützung beim Aufbau eventuell notwendigen Vorwissens und die Bereitstellung geeigneter Informationen oder Lösungsoptionen.

Anforderungen an den Fall
Geeignete Fälle im Rahmen technischer Bildungsprozesse sind naturgemäß solche, bei denen entweder die Effekte technischer Entwicklungen auf sozial-humane Belange oder die Einflüsse gesellschaftlicher Bedürfnisse auf die Technikentwicklung herausgearbeitet werden können. Inhaltlich kommen verschiedene Bereiche in Frage: Zum Beispiel Arbeit und Produktion, Information und Kommunikation, Transport und Verkehr, Versorgung und Entsorgung, Freizeit und Konsum oder Bauen und Wohnen. Die für den Unterricht ausgewählten Fälle sollten aus didaktischen wie psychologischen Erwägungen heraus bestimmte Anforderungen erfüllen. So sollte der Fall möglichst ein reales Ereignis abbilden bzw. auf ein aktuelles Problem oder einen realen Konflikt ausgerichtet sein und bereits Informationen zur Problem- bzw. Konfliktbewältigung enthalten. Des Weiteren sollte er Ansatzpunkte für eine Verallgemeinerung der fallspezifischen Aspekte enthalten und natürlich an den Erfahrungen, Vorstellungen und realen Lebenssituationen der Lernenden ausgerichtet sein (Dedering 2000, S. 202).

Ablauf einer Fallstudie
Wie jede methodische Großform unterliegt auch die Fallstudie einer eigenen Artikulation, bzw. Ablaufstruktur. Sie lässt sich nach Kaiser (1983) generell in folgende Phasen einteilen:

Konfrontation
Den Lernenden wird der Fall präsentiert. Wichtig ist, dass sie das darin enthaltene Problem als wichtig für ihr eigenes Leben erkennen. Dazu müssen sie die Situation analysieren. Die Lehrperson liefert dazu die ungeordneten und nicht strukturierten Daten und Informationen.

Information
In dieser Phase sammeln die Schülerinnen und Schüler die Informationen und werten sie aus. Die notwendigen Quellen sollen für die Lernenden zugänglich und verständlich sein sowie ein eigenständiges Arbeiten ermöglichen.

Exploration
Die von den Schülerinnen und Schülern erarbeiteten Lösungen werden dargestellt und die Alternativen in der Gruppe erörtert.

Resolution
Über eine Gegenüberstellung und Diskussion der Lösungsvarianten soll hier eine Entscheidung für eine bestimmte Lösung getroffen werden.

Disputation
Die bisher in kleiner Gruppe erarbeitete Lösung soll nun einem breiteren Publikum (Klasse) vorgelegt und dabei noch einmal diskutiert werden.

Kollation
Zuletzt wird die gefundene, erörterte, disputierte und erfolgreich verteidigte Lösung mit der verglichen, die ggf. in der Realität gefunden und u.U. praktiziert wurde.

7.1.3 Herstellungsaufgabe mittels Leittextmethode

Charakteristik: Etwas herzustellen ist eine Konstante der Technik und damit auch der technischen Bildung. Ob in der Fertigungsabteilung eines Betriebes oder in Bildungseinrichtungen – hier wie dort geht es bei einer Herstellungs- oder Fertigungsaufgabe darum, einen bereits vorliegenden technischen Entwurf zu realisieren. Während im „realen“, unter ökonomischen Zwängen ablaufenden Herstellungsprozess aber das Endergebnis zählt, sind mit der didaktisch gefärbten Herstellungsaufgabe verschiedene andere Intentionen verbunden. Erworben oder weiterentwickelt werden sollen zum Beispiel arbeitsorganisatorische, konstruktive und handwerkliche Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten. Ein Einsatzfeld für Fertigungsaufgaben ist dabei die Berufsorientierung. Das modellhafte technische Bewirken unter Anwendung der für den jeweiligen Bereich üblichen Fertigungsverfahren soll zur (vor-)beruflichen Selbstkonzeptentwicklung beitragen. Da sich der Herstellungsvorgang hier allerdings im Rahmen eines Lernprozesses vollziehen soll, ist der Aufbau von Erfahrung und Erkenntnis durch eine angemessene Vorbereitung auf die Aufgabe, eine adäquate Gestaltung der Lernumgebung sowie durch geeignete Lernhilfen im Verfahrensablauf zu unterstützen.
Eine effektive Möglichkeit, dem Lernenden während des gesamten Herstellungsvorgangs Lernunterstützung anzubieten, stellt die Leittextmethode dar. Sie ist gekennzeichnet durch eine Verschränkung materialgestützter, selbstgesteuerter Lern- und Arbeitsphasen mit personaler Lernhilfe. Die Leittextmethode soll nachfolgend als Organisationsmodell für eine Herstellungsaufgabe näher erläutert werden. Sie entstammt eigentlich der beruflichen Ausbildung im gewerblich-technischen Bereich (vgl. Koch & Selka 1991). Mittlerweile kommt sie jedoch in verschiedenen Lernbereichen zum Einsatz, denn die zentralen Elemente – die Leittexte – lassen sich nicht nur bei Herstellungsaufgaben, sondern auch für die Anleitung anderer Methoden wie Experimente oder Erkundungen einsetzen (vgl. Rotluff 1992, S. 55).
Der Grundgedanke der Leittextmethode ist, dem Lernenden ein System aufeinander abgestimmter Lernhilfen (Leittexte) an die Hand zu geben, so dass dieser befähigt wird, möglichst selbstständig und selbstreflexiv zu Handlungsergebnissen zu kommen. Dazu werden verschie-

dene Unterlagen bereitgestellt. Sie bestehen aus Leitfragen, Leitsätzen, Arbeitsplan und Kontrollbogen.
Das zentrale Element der Methode stellen die Leitfragen dar. Mit ihnen soll die Informationsbeschaffung und die Ausarbeitung der Planungsunterlagen für das angestrebte Endergebnis angeleitet werden. Die Fragen sind in der Regel schriftlich zu beantworten und geben dem Bildungspersonal Hinweise auf den Lernstand oder auf auftretende Probleme. Leitsätze sind kurze Informationseinheiten, die alle relevanten arbeitsspezifischen Informationen enthalten. Sie entlasten die Lehrkraft von der Wissensvermittlung. Umfang und Struktur hängen von der Aufgabenkomplexität, vom Vorwissen der Lernenden sowie von den Informationsbeschaffungsmöglichkeiten ab. Die Arbeitsplanung soll von den Lernenden selbst entwickelt und im Rahmen von Arbeitsplänen und Materiallisten dokumentiert werden. Einheitliche Vorgaben erleichtern die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Möglichst selbstständig sollen die Lernenden auch Qualitätskriterien für das technische Artefakt entwickeln und festhalten. Dazu dient der Kontrollbogen. Er kann im weiteren Verlauf der Methode zur Besprechung und Bewertung der Arbeitsergebnisse herangezogen werden.
Leittexte lassen sich grundsätzlich nach ihrem Detaillierungsgrad einteilen. Unterschieden werden können Unterlagen für spezielle oder konkrete Aufgaben (spezielle Leittexte) und Unterlagen, die ausschließlich der heuristischen Lenkung des Lernprozesses dienen. Während sich bei der ersten Variante Leitfragen und Leitsätze inhaltlich auf eine konkrete Arbeitsaufgabe beziehen, fehlt dieser Bezug bei der zweiten Variante. Sie werden daher auch als inhaltsunabhängige Leittexte bezeichnet und lassen sich innerhalb eines Gegenstandsbereichs für unterschiedliche Lernaufgaben einsetzen. Nachfolgend werden die Phasen im Einzelnen vorgestellt (vgl. Schelten 2005):

Abb. 7.1: Die einzelnen Phasen der Leittextmethode (nach Bockelbrink, Jungnickel & Koch 1988)

Ablauf

Information

Zunächst sollen sich die Lernenden ein klares Bild vom angestrebten Endzustand, also vom Ziel machen. Dazu müssen u.a. technische Zeichnungen eines Werkstücks oder Unterlagen eines angestrebten Produkts eingesehen und systematisch analysiert werden. Als Hilfestellung

fungieren Leitfragen. Mit ihnen werden Form und Funktion des Werkstücks, Werkstoffe, einzuhaltende Toleranzen, Anforderungen an das Werkstück und andere Aspekte geklärt. Auch die zur Herstellung erforderlichen Arbeiten können anhand von Leitfragen analysiert werden.
Sind zur Herstellung eines Produkts spezielle Kenntnisse oder Fertigkeiten notwendig, können ebenfalls Leitfragen bereitgestellt werden, die in Verbindung mit Leitsätzen eine weitestgehend selbstständige Erarbeitung der Fachinhalte ermöglichen sollen. In dieser Phase der Leittextmethode kann es unter Umständen sinnvoll sein, andere Methoden wie Arbeitsbeobachtungen, Befragungen oder auch Erkundungen mit zu integrieren.

Planung
Im Verlauf dieser Phase ist der Arbeitsprozess von den Lernenden zu antizipieren. Die Organisation der Arbeitsabläufe, die Festlegung der Werkzeuge und Hilfsmittel sowie die Abfolge und Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitsschritte sind gedanklich durchzuspielen. Die Überlegungen sollen schließlich im Entwurf eines Arbeitsplans münden. Ggf. sind außerdem Material- und Werkzeuglisten anzufertigen. Wieder können zur Unterstützung Leitfragen bereitgestellt werden. Sinnvoll ist ferner, dass die Lernenden selbst Qualitätskriterien für das Produkt formulieren und in einem Kontrollbogen festhalten.

Entscheiden
Während dieser Phase soll die Lehrkraft stärker als in den ersten beiden Stufen in den Lernprozess eingreifen. Ihre Aufgabe ist es, die Planungsvorschläge mit den einzelnen Gruppen gründlich zu erörtern. Das Gespräch sollte dabei nicht den Charakter eines Prüfungsgesprächs, sondern den eines Fachgesprächs haben. Grundlage des Fachgesprächs sind die Leitfragen aus der Informationsphase und der Arbeitsplan aus der Planungsphase.
Die von den Gruppen erstellten Arbeitspläne und Kontrollbögen sind grundsätzlich kritisch zu reflektieren. Ziel ist es, Fehler im Arbeitsplan zu korrigieren. Auch in dieser Phase können Kenntnislücken auftauchen, die dann durch zusätzliche Unterweisungen oder andere methodische Arrangements geschlossen werden müssen.

Ausführung
Aufgrund der intensiven Vorbereitung der einzelnen Arbeitsschritte geht man davon aus, dass die Ausführung der Arbeiten von den Lernenden in dieser Phase weitgehend selbstständig geleistet werden kann. Bei komplexen Arbeiten kann auch arbeitsteilig vorgegangen werden, wobei der Lernfortschritt jedes Einzelnen gewährleistet sein muss. Selbstverständlich können Alternativen, die sich schon in der Planungsphase angeboten haben, Berücksichtigung finden. Die Lehrkraft steht den Lernenden unterstützend zur Seite und greift im Falle einer Fehlentwicklung ein.

Kontrolle
Schon während der Ausführung, aber auch nach Fertigstellung des Werkstücks bzw. Produkts soll der Lernende selbst überprüfen, ob die Arbeiten von ihm fachgerecht ausgeführt werden. Die Ergebnisse der Selbstkontrolle kann er in einen Kontrollbogen eintragen. Darüber hinaus erfolgt auch eine Kontrolle durch die Lehrkraft. So werden z.B. die Zeichnungsmaße mit den Werkstückmaßen verglichen. Durch die Selbstauswertung sollen die Schülerinnen und Schüler die eigene Leistung einschätzen sowie Fehler und deren Ursachen erkennen lernen.

Bewertung
Anhand der Gegenüberstellung von Auftragsunterlagen, fertigem Produkt und Kontrollergebnissen soll in der abschließenden Bewertungsphase ein Fachgespräch mit der Lehrkraft stattfinden. Dabei sollen Fehler und Fehlerursachen analysiert werden, um sie zukünftig zu vermeiden. Erweisen sich bei dieser Fremdkontrolle die Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler

als falsch, so geht man davon aus, dass sie noch nicht gelernt haben, die eigene Arbeitsqualität richtig einzuordnen. Auch in dieser Phase sollte noch die Möglichkeit bestehen, dass Kenntnis- oder Fertigungslücken nach Analyse durch die Lehrkraft durch geeignete methodische Maßnahmen behoben werden.

7.1.4 Nacherfinden bzw. Konstruktionsaufgabe

Charakteristik: Erfinden und Konstruieren stehen in einem wechselseitigen Verhältnis. Eine Erfindung kann sich nämlich nur dann durchsetzen, wenn sie bedürfnisorientiert und technologisch sinnvoll konstruiert ist. Die Anwendung konstruktiver Prinzipien entlang üblicher Denkrichtungen sowie die Integration vorhandener technologischer Elemente verleihen dem klassischen technischen Konstruktionsprozess dabei einigermaßen feste Bahnen. Diese Strukturen bilden aber gleichzeitig die Basis für neue Kombinationen, Muster oder Prozesse – also den Nährboden für technische Erfindungen. Technik kann so als institutionalisierte Erfindung gedeutet werden, als Versuch, die Grenzen dessen aufzuheben, was bereits gut oder nicht so gut funktioniert (Petroski 1994, S. 102). Erfindungen basieren durchaus auf Erfahrung oder in einer Theorie begründeten Funktionsvermutungen. Sie entstehen jedoch in der Vorstellung und gehen über das konstruktiv gesicherte Wissen hinaus. Damit unterscheiden sie sich auch von der Entdeckung, die trotz einer vielleicht bereits vorhandenen Vorahnung oder Vortheorie immer ein Überraschungsmoment beinhaltet (Kornwachs 2015, S. 39ff.). Sich dem Zusammenhang zwischen Erfinden und Konstruieren im Rahmen technischer Bildungsprozesse zu stellen, kann dabei helfen, sowohl Wissen über den evolutionären Charakter der Technik als auch über naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge zu gewinnen.
Am Anfang von Entstehungsprozessen für technische Artefakte und Systeme stehen oftmals Erfindungen. Erfinden ist eine typisch menschliche, weil geistige Fähigkeit, die darauf beruht, Probleme exakt zu erfassen und davon ausgehend geeignete Lösungen auszuarbeiten. Das Ergebnis des Erfindens sind Erfindungen, also materielle oder auch immaterielle Hervorbringungen oder Prozesse, die im Vergleich zum bereits Vorhandenen einen innovativen Charakter besitzen, also bislang unbekannte Merkmale aufweisen (Pahl 2008b, S. 266).
Ein Anlass, sich mit neuen Produkten, Funktionen oder Merkmalen zu befassen, ist stets die Unzulänglichkeit oder Fehlerhaftigkeit der vorhandenen Technik. Für Henry Petroski (1994, S. 51) zählen Erfinder deshalb zu den strengsten Kritikern der Technologie, weil sie in der Lage sind zu erkennen, was bei einem vorhandenen Gebrauchsgegenstand falsch ist und wie es eventuell zu verbessern ist. Für Unternehmen sind Produktinnovationen essentiell, um am Markt bestehen zu können. Impulse für Erfindungen und Innovationen kommen entweder durch technische Innovationen, durch Methoden der Marktforschung oder durch spezielle Prozesse zur Findung von Produktideen. Zwei Suchrichtungen sind möglich. Bei der einen ist das beabsichtigte Produkt oder die Produktfunktion schon bekannt und soll nun mit neuen oder bekannten, aber noch nicht verwendeten Lösungsprinzipien verwirklicht werden. Bei der anderen Richtung geht es darum, mit neuen oder bereits bekannten Lösungsprinzipen neue oder bereits bekannte Aufgabenstellungen zu realisieren (Grothe et al. 2012).
Der Erfindungsprozess mündet in der Regel in einem Konstruktionsprozess, in dem dann erst die eigentliche Lösungsgestalt realisiert wird (vgl. Benjes 1975, S. 31). *„Konstruieren ist (dann) eine vorwiegend schöpferische, von Erkenntnissen aus Wissenschaft und Erfahrung getragene, eine optimale Lösung anstrebende Tätigkeit, die das Vorausdenken eines technischen Gebildes vom Entwerfen eines funktionellen und strukturellen Aufbaus bis zum Ausarbeiten fertigungsreifer Unterlagen umfasst“* (VDI- Definition, zitiert nach Tuchel 1967, S. 16). Am Ende des Konstruktionsprozesses, des Konstruierens, steht die Konstruktion. Dabei handelt es sich um das durch Fertigungsunterlagen oder sonstige technische Dokumentationen definierte technische Gebilde. Im Unterschied zu einem künstlerischen Entwurf ist die Konstruktion demnach das

Ergebnis eines Prozesses, bei dem die intendierten Merkmale bereits vorher detailliert festgelegt wurden.
Im Rahmen technischer Bildungsprozesse kann die Werkaufgabe als eine Art Vorläufer für Konstruktionsaufgaben betrachtet werden. Das konzeptuelle Gestalten und die stoffliche Realisierung sind hier noch nicht voneinander getrennt (vgl. Wilkening 1977). In Anlehnung an reale Arbeitsprozesse wird der technische Kreationsprozess heute eher didaktisch getrennt, nämlich in die Konstruktions- und in die Fertigungs- bzw. Herstellungsaufgabe (vgl. Schmayl 2010, S. 208).
Der Zwang zu Zeit- und Komplexitätsreduzierung in Schule und Unterricht führt des Weiteren dazu, dass oft nicht eine Neuschöpfung (Neuerfindung oder Neukonstruktion) im Mittelpunkt des Lernprozesses steht, sondern eine Nacherfindung beziehungsweise Varianten- oder Teilkonstruktion. Didaktisch lässt die Durchführung dieser methodischen Formate die Anbahnung einer ganzen Reihe von Kenntnissen und Fähigkeiten erwarten. Die Bandbreite reicht vom Aufbau spezieller Fachkenntnisse über Produkte und Produktlebensphasen, naturwissenschaftliche Gesetze und übliche Konstruktionslösungen bis hin zur Entfaltung kreativer Fähigkeiten (vgl. Pahl 2008b, S. 267). Im Vergleich steht die Erfindungs- und Konstruktionsaufgabe wohl wie keine andere Methode für den Erwerb spezifisch technischen Wissens. Sie formiert sich nämlich um das Problem, materiale Objektstrukturen mit immateriellen Informationen wie naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten und human-sozialen Wünschen und Bedürfnissen zu koppeln. Je nach thematischer Steuerung bietet die Methode eine Beschäftigung mit ethischen, sozialen oder ökologischen Aspekten der Konstruktion.
Im Gegensatz zur Fertigungsaufgabe geht es bei einer Nacherfindungs- oder Konstruktionsaufgabe nicht primär um ein mehr oder weniger rezepthaftes Nachbauen von bereits vorgegebenen Artefakten. Die Lernenden sind hier vielmehr mit offenen Entscheidungssituationen, Widersprüchen und Unklarheiten konfrontiert. Um zu Erkenntnissen zu gelangen, ist u.U. die ganze Bandbreite an Möglichkeiten auszuschöpfen, von der empirischen Untersuchung, dem praktischen Ausprobieren, über das Experiment bis hin zur Findung kreativer Lösungen. Zu Ergebnissen gelangen Konstrukteure sowohl durch das systematische Vorgehen mittels einer Konstruktionsmethodik als auch als Resultat von Intuition und Kreativität. Beide Aspekte sollten im Lerngeschehen daher ausreichend Berücksichtigung finden.
Umfang und Komplexität dieser Methode stellen daher insgesamt hohe Anforderungen an die Beteiligten und bedingen eine umsichtige Vorbereitung des Lernprozesses sowie eine angemessene Unterstützung der Lernenden. In der Regel muss erst ein umfangreiches Vorwissen aufgebaut werden. Wichtig ist es zudem, in allen Phasen ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Instruktion und kreativer Freiheit zu gewährleisten. Einsatz oder Training von Problemlösestrategien sind an verschiedenen Stellen geboten.
Gegebenenfalls macht eine strukturelle Reduktion der Methode Sinn. Dies kann beispielsweise durch eine Beschränkung auf einzelne Phasen oder durch die Vorwegnahme der eigentlichen Lösungsfindung erreicht werden kann. Ausgangspunkt ist dann etwa ein schon fertig konstruiertes Artefakt oder System, dessen Entstehung und Entwicklung von Anfang bis zum Ende nachzuvollziehen oder zu analysieren ist (Pahl 2008b, S. 267). Auch hier muss sich der Lernende aufgrund der Analyse der einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus eingehend mit einer produktions-, sozial-, umwelt- und humanverträglichen Technikgestaltung auseinandersetzen.
Eine andere Möglichkeit ist, über eine Funktionsanalyse einzelne Teilsysteme einer bereits vorhandenen technischen Hervorbringung zu untersuchen. In diesem Fall steht der Zusammenhang zwischen morphologischer Struktur und chemisch-, biologisch- oder physikalischen Wirkprinzipien im Vordergrund.
Insgesamt bieten sich verschiedene Optionen der didaktischen Adaption von Konstruktionsaufgaben an. Erwin Schad (1977, S. 79 ff.) gliedert sie folgendermaßen:

- Finden von Varianten, Alternativen und Verbesserungen zur Änderung von Teilfunktionen eines technischen Systems.

- Nacherfinden von Teilelementen zur Vervollständigung einer Lücke in der Funktionsstruktur eines technischen Systems.
- Übertragen von funktionsanalytisch gewonnenen Lösungsprinzipien auf ähnliche Probleme.
- Überführen eines realen technischen Systems in ein berechenbares Ersatzsystem.
- Finden von Störungsursachen innerhalb eines defekten technischen Systems.
- Deuten eines naturwissenschaftlichen Effektes eines funktionstüchtigen technischen Systems.

Abb. 7.2:Aufgabe: „Nacherfinden“ eines Seitenwenders für Bücher

Abb. 7.3: Schüler überlegen, wo Aktoren und Sensoren eingebaut werden müssen

In enger Verbindung zur Nacherfindungs- oder Konstruktionsaufgabe steht die Reparaturaufgabe. Reparieren im Sinne von Nacherfinden oder Konstruieren eines fehlerhaften oder defekten Teilsystems zielt dann nicht nur auf das bloße Auswechseln der Elemente, sondern auf eine teilweise Neuordnung oder Neuausrichtung der morphologischen, funktionalen oder informationellen Struktur eines technischen Systems. Der beim Konstruieren wie beim Reparieren zu erwartende Zugewinn in Bezug auf die technische Bildung bezieht sich unter Umständen nicht so sehr auf die spezifische Klasse technischen Tuns an sich, sondern auf die systematische Durchdringung eines Artefaktes oder technischen Systems: „*Wir verstehen am besten, was wir selbst konstruktiv hervorzubringen imstande sind. Technik ist auch in diesem Sinne nicht nur Anwendung, sondern Instrument für unsere Erkenntnis*“ (Roth 1965, S. 22).
Jenseits einer rein technologischen Dimension lassen sich mit dem Reparieren noch andere Aspekte thematisieren. Aus einer ökonomisch-ethischen Perspektive betrachtet, bietet es Alternativen in Bezug auf die viel diskutierte Wegwerfmentalität und ggf. eine Perspektive, um den bei der Herstellung eingebauten Sollbruchstellen („geplante Obsoleszenz“) in technischen Produkten zu begegnen.[49]

Ablaufstruktur: Nach Genrich S. Altschuller (1973, S. 8f.) lässt sich auch das dem Konstruieren ggf. vorausgehende Erfinden in eine methodisch ausdifferenzierte Struktur einpassen. Das angeleitete Erfinden setzt auf Kreativitätstechniken, die an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden sollen (s. dazu Abschnitt 7.2). Der Fokus liegt auf dem Konstruieren an sich. Dabei handelt es sich um eine typisch ingenieurmäßige Tätigkeit, die eine methodische Vorgehensweise verlangt und charakterisiert ist durch spezifische Ablaufschritte und Konstruktionsphasen. In ihnen wird die Arbeit durch Checklisten, Diagramme oder andere Hilfen unterstützt. Auch für didaktische Zwecke ist der Konstruktionsprozess in unterschiedliche Phasen einzuteilen.

[49] Dass Reparieren eine breite Anhängerschaft auch außerhalb von Bildungsinstitutionen aufweisen kann, zeigt die Seite http://www.ifixit.com/ im Internet, auf der für Tausende von Technikproblemen Tipps und Reparaturanleitungen hinterlegt sind.

Als Modell soll hier die in den Konstruktionslehren für Ingenieure üblicherweise aufgezeigte Abfolge an Einzelschritten dienen. Für einen unterrichtlichen Nachvollzug müssen ggf. einzelne Phasen übersprungen, reduziert oder aber durch die Lehrkraft abgedeckt werden.

1. Konkretisierung der Problem- und Aufgabenstellung
Jede methodische Vorgehensweise bedarf der anfänglichen Durchdringung des sich eröffnenden Problemraums. Im Mittelpunkt dieser ersten Phase steht daher das technische Problem bzw. die technische Aufgabenstellung. Sie ist ausführlich zu besprechen. Die Präzisierung der Aufgabenstellung ist sowohl für den technischen Realisierungsprozess als auch für die methodisch-didaktische Umsetzung von großer Bedeutung. Für den technischen Realisierungsprozess, weil die evtl. vagen Ideen, Vorgaben oder Interessen hier einer ersten entscheidenden Prüfung unterzogen werden und zwar sowohl in Bezug auf den Anforderungskontext als auch in Bezug auf die technische Machbarkeit. Im Idealfall enthält die präzisierte Aufgabenstellung Angaben über das zugrundeliegende Bedürfnis für die technische Aufgabe, über das zu erreichende Ziel, über vorliegende oder zu schaffende Voraussetzungen, über relevante Umstände der Bearbeitung sowie über abschätzbare Nebenwirkungen (Müller 1990, S. 145).
Die Reflexion über diese Aspekte hilft zudem den Schülerinnen und Schülern bei der Fokussierung und rückt die Aufgabenstellung deutlich ins Bewusstsein. Zudem können sie dadurch der eigenen Präferenzen, Voraussetzungen oder Defizite gewahr werden oder von Anfang an ihre Erfahrungen mit einbringen. Eine weitere Funktion dieser Phase kann die gemeinsame Definition von Kriterien für eine Bewertung der Schülerleistungen sein.

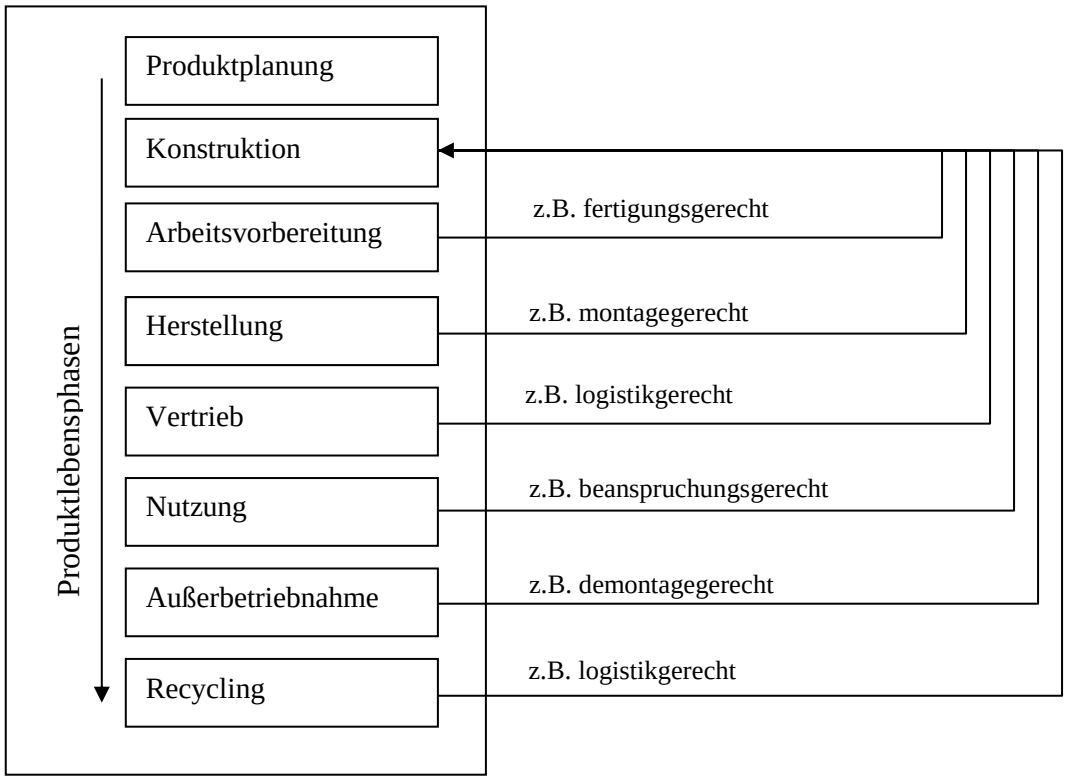

Abb. 7.4: Anforderungen an die Konstruktion aus den Produktlebensphasen

2. Sammeln von Informationen – Erstellen einer Anforderungsliste
Der Hauptzweck dieses Schrittes liegt darin, die Anforderungen der Konstruktion zu ermitteln. Je nach Aufgabenstellung gestaltet sich diese Phase mehr oder weniger umfangreich. Hinweise für die Anforderungsermittlung ergeben sich aus der Analyse der Produktlebensphasen (s. Abb.

7.4). Der gedankliche Nachvollzug der Produktlebensphasen schärft sowohl den Blick für die Aufgabe als auch für die komplexen soziotechnischen und sozioökonomischen Abhängigkeiten technischer Artefakte. Eine weitere Funktion dieser Phase ist es, etwaige Lücken der Schülerinnen und Schüler beim Vorwissen oder bei speziellen Fähigkeiten festzustellen und gegebenenfalls über einen Lehrgang zu schließen.

3. Funktionsanalyse

Ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur strukturellen Klärung einer Konstruktion ist die Funktionsanalyse. Ausgehend von den vorher definierten Anforderungen werden hier nun Funktionen definiert, die das Produkt erfüllen soll und die anschließend konstruktiv, also unter Berücksichtigung chemisch-physikalischer Prinzipien und Erkenntnisse, realisiert werden müssen. Didaktisch bietet dieser Vorgang eine Gelegenheit, Technik in ihrer Komplexität zu abstrahieren und zu reduzieren.

Für die Funktionsanalyse werden technische Gebilde als Systeme aufgefasst, die durch Eingangs- und Ausgangsgrößen mit ihrer Umgebung in Verbindung stehen. Ein komplexes technisches System besteht aus einer Vielzahl von Teilsystemen, die sich durch Systemgrenzen voneinander abgrenzen lassen. Ein- und Ausgangsgrößen überschreiten diese Systemgrenzen (vgl. Pahl & Beitz 2003, S. 38 f.). Eine Analyse der Teilsysteme macht deutlich, dass sie Teil eines technischen Prozesses sind, in dem immer entweder Energie, Stoff oder Information geleitet und/oder verändert wird (ebd., S. 40). Jedes Systemelement stellt eine bestimmte Teilfunktion eines Geräts, einer Maschine oder eines Apparates sicher.

Den Ausgang nimmt eine Funktionsanalyse stets von einer gewünschten Gesamtfunktion. Um die zu realisieren, sind verschiedene Teilfunktionen notwendig. Bei einer Waschmaschine beispielsweise ist die Gesamtfunktion Wäsche waschen. Teilfunktionen ergeben sich z.B. durch das notwendige Durchnässen und Bewegen der Wäsche oder das Trockenschleudern. Die Gesamtfunktion lässt sich auf diesem Weg soweit zerlegen, bis die elementaren Hauptfunktionen der Subsysteme erreicht sind: Energie-, Stoff- und Informationsumsatz. Solche Grundfunktionen hinsichtlich des Stoff-, Energie- oder Informationsumsatzes lassen sich folgendermaßen unterteilen: Wandeln, Ändern, Verknüpfen, Leiten, Speichern (s. dazu auch Abschnitt 4.2.2).

Tab. 7.1: Beispiele für Fragen zur Analyse von Teilfunktionen oder Teilprozessen

- Welche Hauptfunktion erfüllt das technische Gebilde bzw. der technische Prozess?
- Funktionen werden durch die Verwendung eines Haupt- und Tätigkeitswortes beschrieben. (Beispiele: „Druck erhöhen“, „Drehmoment leiten“, „Drehzahl verkleinern“)
- Lässt sich die Hauptfunktion oder der Prozess in weitere Einzelfunktionen oder Teilprozesse zerlegen? (zum Beispiel mechanisch, elektrisch, optisch...)
- Welchen Zweck verfolgt die Teilfunktion oder der Teilprozess? (Beispiele: Wandeln, Ändern, Verknüpfen, Leiten, Speichern)
- Welche Zustandsgrößen werden bei dieser Teilfunktion oder diesem Teilprozess eingenommen?
- Was sind die Eingangsgrößen für diese Teilfunktion oder für diesen Teilprozess?
- Welche Teilfunktion ist Voraussetzung für diese Teilfunktion?
- Welche Ausgangsgrößen können bei der Teilfunktion oder dem Teilprozess auftreten?
- Für welche Teilfunktion ist diese Funktion die Voraussetzung?
- Wie wirken die Teilfunktionen/Teilprozesse zusammen?

Tabelle 7.1 zeigt Leitfragen für eine Funktionsanalyse auf: Zunächst wird die Gesamtfunktion definiert. Daraus lassen sich Teilfunktionen ableiten. Diese können auch zu den Hauptfunktionen gezählt werden, weil sie unmittelbar der Gesamtfunktion des technischen Gebildes bzw. des Prozesses dienen. Davon zu unterscheiden sind die Nebenfunktionen. Sie tragen im Sinne

von Hilfsfunktionen nur mittelbar zur Gesamtfunktion bei. So ist die Hauptfunktion eines Autositzes sicher das ergonomisch richtige Sitzen. Eine Nebenfunktion ist dann das sichere Sitzen. Haupt- und Nebenfunktionen können durch Tabellen, Skizzen und Flussdiagramme dargestellt werden.

4. Lösungsansätze für die Teilfunktionen

Der Wert dieser Phase liegt aus technikdidaktischer Sicht u.a. im Rückbezug human-sozialer Bedürfnisse zu naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und den davon abgeleiteten konstruktiven Lösungen. Aus konstruktiver Sicht geht es darum, für die im Rahmen der Funktionsanalyse erhobenen Teilfunktionen geeignete technische Lösungsprinzipien zu finden. Dabei kann es sich um physikalische, chemische oder aber auch biologische Effekte oder Gesetze handeln. Diese wiederum beanspruchen einen bestimmten Wirkort und möglicherweise eine bestimmte Wirkrichtung. Damit determinieren sie Geometrie und Werkstoffe, also die Baustruktur die notwendig ist, um die jeweilige Teilfunktion zu erfüllen.

Viele Teilfunktionen können über standardisierte Baueinheiten (z.B. Schraubenverbindungen) realisiert werden. Andere müssen neu entworfen werden. Baueinheiten bilden somit auch Funktionseinheiten. Zusammen garantieren sie die Gesamtfunktion eines technischen Systems. Tabelle 7.2 gibt einen Überblick über die Leitfragen, die in dieser Phase gestellt werden können.

Tab. 7.2: Beispiele für Fragen zur konstruktiven Lösung einzelner Teilfunktionen oder Teilprozesse

- Welche technisch-physikalischen, chemischen oder biologischen Grundprinzipien, Gesetze oder Effekte kommen bei der Teilfunktion oder dem Teilprozess zur Anwendung?
  (Beispiele: Reibungsgesetz, Hebelwirkung, Keileffekt, elektromagnetischer Effekt, hydraulischer Effekt usw.)
- Wie ist der Wirkort des physikalischen Effekts geometrisch zu beschreiben?
  (Beispiele: Wirkfläche, Wirklinie, Wirkraum, eben, gewölbt, gekrümmt, Fläche, Nut, Einkerbung usw.)
- Welche Form bzw. Geometrie muss der Wirkort zur Erfüllung der Teilfunktion haben?
- Welche Werkstoffe ergeben sich aus dem physikalischen, chemischen oder biologischen Gesetz oder Effekt?
- Mit welchen Baueinheiten lässt sich die Teilfunktion realisieren?
- Wie wirken die Teilfunktionen/Teilprozesse/Bauteile/Subsysteme/Strukturen zusammen?

Bei der gedanklichen Klärung des Zusammenhangs zwischen Funktion, Wirkprinzip und stofflicher bzw. geometrischer Lösung kann die Bereitstellung geeigneter Informationen oder die Anwendung verschiedener Arbeitstechniken hilfreich sein. Dazu zählt etwa die Arbeit mit Bauteilkatalogen oder das Anfertigen von Skizzen und Zeichnungen. In Tabelle 7.3 ist eine Auswahl grundlegender Funktionseinheiten mit den dazugehörigen Baueinheiten für Maschinen aufgeführt.

Tab. 7.3: Gliederung von Maschinen in Funktions- und Baueinheiten

Funktionseinheiten	Entsprechende Baueinheiten (Beispiele)
Antriebseinheiten	Elektromotor, Hydraulikaggregat, Späneförderer
Spanneinheiten	Beispiel: Hydraulische Spanneinrichtung
Arbeitseinheiten	Arbeitsspindel mit Spannvorrichtung, Revolver mit Werkzeugen
Bedien- und Steuerungseinheiten	Schalter, Bedienpult
Kontroll- und Messeinheiten	Vorschubmessung bei CNC-Maschine
Stütz- und Trageeinheiten	Gestell, Gleitschlitten
Verbindungselemente	Schrauben, Muttern, Welle-Nabe-Verbindungen
Energieübertragungseinheiten	Riemen, Wellen, Spindeln, Kupplungen

Tabelle 7.4 zeigt eine Sammlung mit Anforderungen bzw. Funktionen und Lösungen für den Kasten und die Einzelteile einer Spielesammlung als Ergebnis eines schulischen Projekts.

5. Zusammenfassung der einzelnen Lösungsansätze
In dieser Phase müssen die einzelnen, evtl. unabhängig voneinander entworfenen Lösungen für die Teilfunktionen zusammengefügt werden. Aus den angedachten oder bereits entworfenen, in Skizzen und Beschreibungen definierten Lösungen oder Baueinheiten soll das Gesamtsystem entstehen und damit auch die Baustruktur definiert werden.
Zu beachten ist dabei, dass die Baustruktur technischer Systeme nicht ausschließlich nur der Realisierung der Gesamtfunktion dient, sondern auch Nebenfunktionen zu erfüllen hat. Die ergeben sich aus den verschiedenen Anforderungen der Produktlebensphasen. Also erst, wenn Anforderungen aus Fertigung, Montage, Transport, Gebrauch oder Außerbetriebnahme entsprochen wird, ist eine abschließende Klärung des Bauzusammenhangs möglich.
Das Resultat dieser Phase besteht in der Anfertigung detaillierter und kommentierter technischer Unterlagen wie technische Zeichnungen, Skizzen, Materiallisten oder auch Simulationen. Sie bilden die Grundlage für die sich anschließende Umsetzung.

6. Erstellung eines Prototyps
Auf der Basis der in der vorhergehenden Phase erstellten Unterlagen (z.B. technische Zeichnungen, Skizzen oder bereits Stücklisten) kann ein Prototyp realisiert werden. Unter Umständen müssen dafür weitere Arbeitsunterlagen wie Arbeitspläne oder Programme für Werkzeugmaschinen erstellt werden.

7. Überprüfung und Verbesserung des Prototyps
Nach der Fertigstellung des Prototyps ist dieser anhand der in Phase 2 gestellten Anforderungen zu überprüfen und zu bewerten. Mögliche alternative Lösungsmöglichkeiten können noch einmal diskutiert werden. Zweckmäßig ist es auch, hier die während der Konstruktionsphasen aufgetretenen Probleme und gemachten Erfahrungen zu reflektieren.

Tab. 7.4: Auflistung der Anforderungen, Funktionen und Lösungsmöglichkeiten am Beispiel einer Spielesammlung

Funktionsanalyse Spielesammlung

Nr.	Teil	Anforderung/ Funktionen	Mögliche Lösungen
1	Kastenwand	Behältnis bilden Eckverbindung Bodenverbindung Kräfte aufnehmen Auflager für Deckel Zugriff auf Deckel ermöglichen Schmutzabweisend sein	Feste Verbindung mit Boden durch Befestigungsmittel (Leimen, nageln…) Nageln; Leimen; Im Falz nageln/leimen; Auf Gehrung nageln /leimen; Stumpf dübeln/leimen; Zinken Mindestwandstärke in Abhängigkeit von der Art der Eckverbindungen Mit innen angeleimtem Auflager; oder Nut zum Einschieben Eckige Aussparung; Bänder an Deckel zum Anheben Wachsen; Ölen, Lackieren
2	Kastendeckel	Behältnis bilden Kräfte aufnehmen Bohrungen bzw. Aussparungen aufnehmen Schmutzabweisend sein	Lose Verbindung mit Wänden durch Auflager; Einschub durch Nut… Mindestwandstärke in Abhängigkeit von der Art der Eckverbindungen Wachsen; Ölen, Lackieren
3	Kastenboden	Behältnis bilden Kräfte aufnehmen Bohrungen bzw. Aussparungen aufnehmen Schmutzabweisend sein	Feste Verbindung mit Wänden durch Befestigungsmittel (Leimen, nageln…) Mindeststärke in Abhängigkeit von der Art der Eckverbindungen Wachsen; Ölen, Lackieren
4	Spielsteine Raumpuzzle	Sicheres Spiel ermöglichen Schmutzabweisend sein	Nicht zu klein Wachsen; Ölen, Lackieren
5	Spielsteine Brettspiele	Sicheres Spiel ermöglichen Schmutzabweisend sein	Nicht zu klein Wachsen; Ölen, Lackieren
6	Kreisel	Zufällige Auswahl ermöglichen	Konstante Radien durch Zukaufteile

7.1.5 Projekt

Charakteristik: Der Begriff Projekt wird in der pädagogisch-didaktischen Literatur vieldeutig verwendet. So finden sich Bezeichnungen wie Projektunterricht, projektorientierter Unterricht, Projektwochen oder Projektarbeit. Allen genannten Formen liegt die Auffassung eines engen Wirkzusammenhangs zwischen zielorientierten praktischen Handlungen und nachhaltigen Erkenntnisprozessen zugrunde (vgl. Kaiser & Kaminski 1999, S. 274). Aus Gründen der Vereinfachung sollen hier die Begriffe Projekt und Projektunterricht verwendet werden.
Bereits der historisch verbürgte Einsatz an Architektur- und Kunstschulen im 19. Jahrhundert

rückt den Projektunterricht eng an die Intentionen technischer Bildung. Zu den Vorteilen dieser Methode lassen sich der ganzheitliche Anregungscharakter unterschiedlicher Tätigkeiten, der Lebensbezug des praktischen Lernens sowie die motivierende Erfahrung der eigenen Produktschöpfung oder Kreation zählen (vgl. Fauser & Konrad 1989, S. 314ff.; Flitner 2001, S. 93ff.). Je nach Ausrichtung werden Projekte zudem mit dem Aufbau von Sozial- und Sprachkompetenz, einem positiven Effekt für Selbstorganisation und Selbstverantwortung sowie dem notwendigen Freiraum zur Förderung von Kreativität in Verbindung gebracht. Über den technischen Realitätsbereich hinaus verspricht die Projektmethode zudem einer allgemeinen, auch auf andere Bereiche übertragbaren Problemlösefähigkeit zuzuarbeiten (vgl. Gudjons 1986, S. 14). Positiv wird das Verfahren außerdem im Rahmen berufsorientierender oder berufsvorbereitender Maßnahmen gesehen, sind doch Vorhaben in der Arbeitswelt entweder in immer wiederkehrende Prozesse oder in singuläre Projekte gegliedert (vgl. Sebe-Opfermann 2013, S. 56). Anders als bei der konkreten Umsetzung eines Projektes in der Arbeitswelt sollte in der Schule jedoch der Lern- und Denkweg der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt des Unterrichtsgeschehens stehen und nicht so sehr die effiziente und effektive Realisierung des Projektergebnisses. Für die unterrichtliche Umsetzung eines Projektes finden sich in der Literatur zahlreiche Prinzipien bzw. Merkmale, die es je nach Projektauswahl und Unterrichtssituation zu berücksichtigen gilt (vgl. Gudjons 1986, S. 19ff.; Kaiser & Kaminski 1999, S. 280 ff.):

- Produkt- und Handlungsorientierung: Das Ergebnis des Projektunterrichts sollte entweder einen Gebrauchswert besitzen oder aber in irgendeiner Form veröffentlicht werden. In jedem Fall sollte Projektunterricht die ganze Palette menschlicher Verhaltensdispositionen wie Denken, Handeln und Fühlen integrieren.
- Interdisziplinarität: Projektorientierter Unterricht sollte komplexe Probleme aufgreifen, die in der Lebenswirklichkeit nicht nur aus einer Perspektive betrachtet werden können und somit auch in der Schule nicht allein durch die Kenntnisse und Methoden eines Faches bewältigt werden können.
- Situations-, Gesellschaftsbezug und Schülerorientierung: Gegenstand des Projektunterrichts sollten Aufgaben und Probleme sein, die an den Interessen und am Erfahrungshintergrund der Schülerinnen und Schüler orientiert sind sowie gesellschaftliche Relevanz besitzen.
- Gemeinsame Organisation von Lernprozessen und soziales Lernen: Lehrpersonal und Schüler sollten im Rahmen des Lern- und Arbeitsprozesses zusammenarbeiten. Kommunikation, Kooperation und Kollaboration sind unabdingbare Voraussetzungen für die Sicherstellung eines Projektergebnisses.

Erkenntnisgewinnung und Aufbau von Erfahrung hängen in einem Projekt unter anderem vom Freiraum ab, der den Lernenden zugestanden wird. Grundsätzlich bietet das Projekt die Möglichkeit, alle „Richtungen“ der Erkenntnisgewinnung zu beschreiten, also durch praktische Erfahrung, Theoriebildung, Problemlösung, hermeneutisches Herantasten oder durch Kreativität und Intuition. In der Umsetzung wird es freilich stark von der Gestaltung der Lernumgebung, der Lernmaterialien und dem Lehrerverhalten abhängen, in welche Richtung sich die Erkenntnistätigkeit entwickelt. Je nach Phase des Projekts sind daher unterschiedliche Lernhilfen erforderlich.

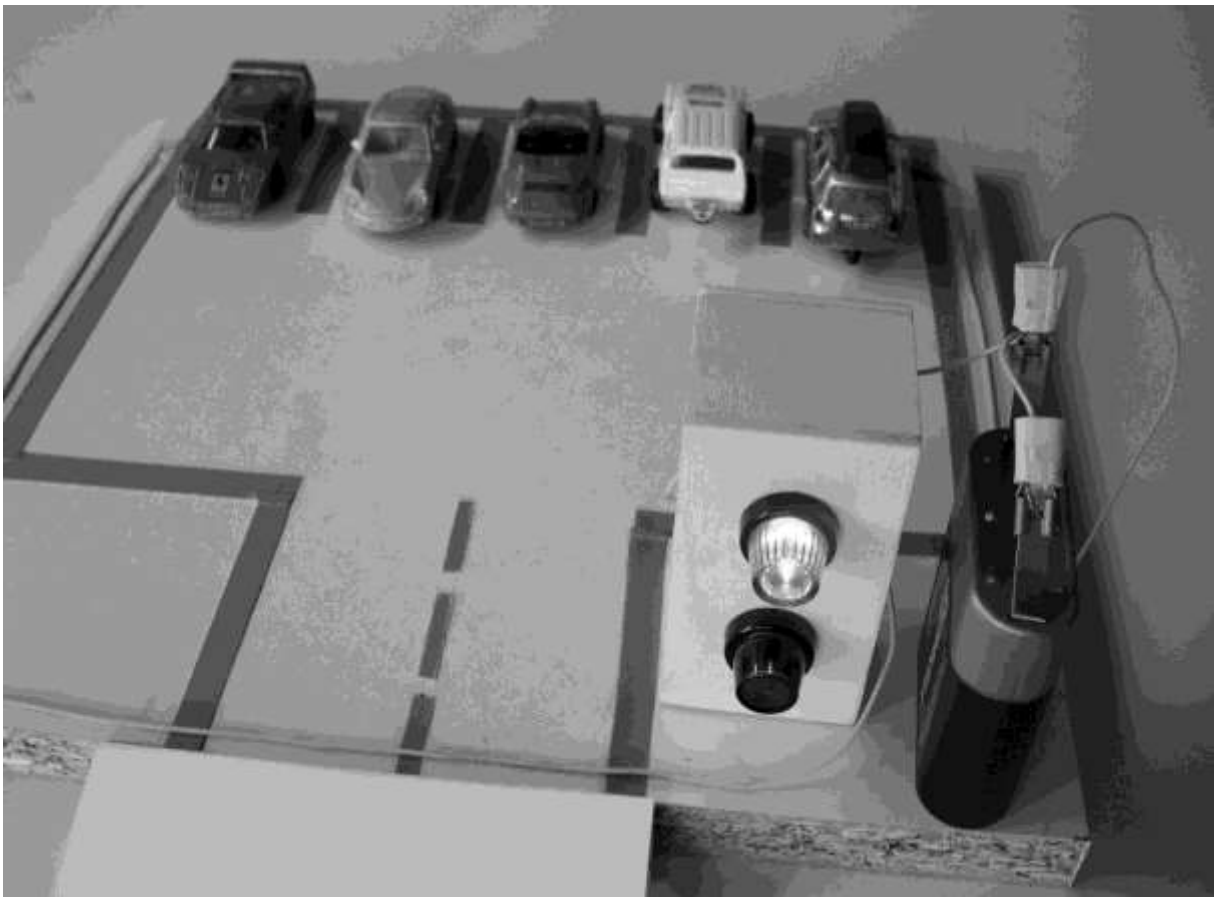

Abb. 7.5: Projekt mit Vorschulkindern: Parkhaus mit Lichtanlage

Die einzelnen Schritte eines Projektes: Umfang und Organisation eines Projekts bedingen eine eigene prozessuale Struktur, die die nachfolgend aufgeführten Schritte beinhalten sollte (s. dazu auch Frey 2007).

1. Projektinitiative
Zunächst geht es um eine Einführung in das Vorhaben und um eine Sammlung geeigneter Vorschläge. Die Ideen, Wünsche oder Anregungen können von Schülerinnen und Schülern, von Außenstehenden oder auch von Lehrpersonen kommen. Inhaltlich brauchen die Themen bzw. Probleme hier nur skizzenhaft umrissen werden.

2. Auseinandersetzung mit der Initiative
In dieser Phase werden die Initiativen näher diskutiert und evtl. sogar verworfen. Notwendig ist hierfür eine kurze Darstellung möglicher Inhalte, Tätigkeiten oder sogar schon Qualitätskriterien, die für das Endprodukt von Bedeutung sind. Auf alle Fälle sollte am Ende dieser Phase ein genaues Handlungsziel festgelegt werden.

3. Projektplanung
Hier ist zu klären, welche Aufgaben von wem in welcher Zeit und wie durchgeführt werden. Es müssen also Gruppen eingeteilt, Aufgaben verteilt, Termine festgelegt, Arbeitspläne erstellt und evtl. auch Arbeitsplätze eingerichtet werden. Ggf. sind Informationen zu beschaffen und auszuwerten. Über Skizzen werden verschiedene Lösungsmöglichkeiten entwickelt und mittels genauer Arbeitspläne, Zeichnungen, Materiallisten, Qualitäts- und Kontrollbögen ausgearbeitet. Bei der Vorlage verschiedener Alternativlösungen ist eine Einigung auf eine bestimmte

Vorgehensweise oder Lösung erforderlich.

4. Projektdurchführung mit Reflexionsphasen und Fixpunkten
In dieser Phase werden die zuvor geplanten Schritte abgearbeitet. An ebenfalls im Projektplan festgelegten Fixpunkten werden Teilergebnisse vorgestellt, die Zeitvorgaben überprüft und ggf. Revisionen vorgenommen.

5. Präsentation und Projektbewertung
Das Projektprodukt wird hier präsentiert und von den Beteiligten im Hinblick auf die Zielformulierung bzw. auf vorher festgelegte Qualitätskriterien bewertet.

6. Projektabschluss mit Vorstellung der Ergebnisse
Das Projekt wird abgeschlossen und die Ergebnisse werden je nach Projektprodukt einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.

7.1.6 Technisches Experiment

Charakteristik: Die Erkenntnisgewinnung durch Experimente kann auf eine lange Tradition innerhalb der naturwissenschaftlich-technischen Forschungsgeschichte zurückblicken. Als Begründer des experimentellen Forschens gilt allgemein Galileo Galilei (1564-1642).
Experimente werden heute mit Laboren, komplizierten Gerätschaften, Personal in weißer Kleidung sowie mit umfangreichen Sicherungsmaßnahmen in Verbindung gebracht. Dabei war das Experimentieren nicht immer nur eine Domäne für versierte Fachleute. Dies zeigt Peter Heering (2009) am Beispiel der Salonkultur des 18. Jahrhunderts. Vorführungen und Versuche zu naturwissenschaftlichen Themen resultierten damals aus wissenschaftlichen, sozialen, ja sogar politischen Motiven. Neben dem Unterhaltungswert waren sie selbstverständlicher Ausdruck einer aufgeklärten Gesellschaft und zwar über alle Standesschranken hinweg. Heute hat sich das Experiment wieder in Entwicklungsabteilungen, Forschungs- oder eben Bildungseinrichtungen zurückgezogen.
Experimentieren kommt aus dem Lateinischen und bedeutet so viel wie prüfen oder erproben. Experimente zeichnen sich durch Planmäßigkeit, durch den Ablauf in einer meist künstlich gestalteten Umgebung sowie durch ihre Reproduzierbarkeit aus. Am Anfang der Erkenntnistätigkeit steht eine Vermutung und ihre theoretische „Ummantelung“. Aus ihr sollte sich die eigentliche Hypothese herausschälen, die anschließend mit den Mitteln des Experiments überprüft wird. Das Experimentieren selbst steht dann nach Hannah Arendt (1989, S. 288) in der Tradition des Erkennens durch Herstellen. Es sei nämlich der Überzeugung geschuldet, dass man nur das wissen könne, was man selbst gemacht habe. Sowohl im apparativen Aufbau, als auch in der Durchführung komme das Element des Herstellens deutlich zum Ausdruck. Denn dabei werden – so Arendt – bereits die Phänomene produziert und bereitgestellt, die man zu beobachten wünscht.
Dieses Nachahmen natürlicher oder technischer Vorgänge setzt somit eine akribische Vorarbeit voraus. Qualitative Ergebnisse genauso wie nachhaltige Lernergebnisse kann damit nur derjenige erwarten, der dem Experiment bereits als Experte gegenübertritt. Immanuel Kant (1974, S. 23) betont in der Vorrede zur 2. Auflage der Kritik der reinen Vernunft die Rolle der Vernunft in einem Experiment. Sie solle sich nämlich von der Natur belehren lassen, nicht aber „[…] *in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestallten Richters, der die Zeugen nötigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt*“.
Nun wird man die Lernenden im Zuge eines Experiments zu Bildungszwecken nicht schon als bestallte Richter vermuten dürfen, sondern eher als ehrenamtliche Schöffen, denen seitens des Bildungspersonals Hilfe zur Selbsthilfe angeboten werden muss. Aber selbst wenn Erkenntnis-

drang und Erkenntnisgewissheiten bei der lernenden Person weniger stark ausgeprägt sein sollten als beim Forscher, ergeben sich Parallelen. Hier wie dort geht es um das hermeneutische Herantasten an Hypothesen, das theorisierende Planen und praktische Vorbereiten sowie das erkennende Durchführen und Bewerten. Erkenntnistheoretisch lassen sich dabei zwei Arten von Erfahrungen machen. Die eine, ergibt sich aus dem Gelingen der Handlungen beim Aufbau des Experiments. Von diesen Handlungen zu trennen, ist der Verlauf. „*Ob nämlich bestimmte Verläufe erzeugt werden können oder nicht, kann nicht beliebig erzwungen oder handelnd herbeigeführt werden, sondern wird erfahren – nämlich als Erfolg des Versuchs, Verläufe künstlich zu erzeugen*“ (Janich 1996, S. 36).

Während das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht vor allem der Analyse von Ursache und Wirkung dient, also kausal orientiert ist, konzentriert sich die Analyse in der Technik vor allem auf die Beziehung zwischen Zweck und Mittel. Das Experiment ist hier also eher final orientiert.

Technikdidaktisch wird dem Experiment ein hoher Stellenwert beigemessen (vgl. Lange 1972, S. 479). Sachs (1991, S. 155) bezeichnet die Methode gar als „Weg zur Selbstfindung“, der die Entwicklung und Anwendung produktiver Fähigkeiten des Planens, der Variantenbildung, des Vergleichens und Bewertens, des Entscheidens, des Prüfens und Messens, der materiellen Verwirklichung der Idee und der Fehlersuche in technischen Objekten miteinschließt. Die dem Experiment unterstellten Wirkungseffekte dehnen sich auf unterschiedliche Bereiche aus, die sich nach Bernd Zinn (2018b, S. 152) folgendermaßen zusammenfassen lassen: Förderung des Interesses, Erwerb von Fachwissen, Methodisches Arbeiten in den Natur- und Technikwissenschaften, Problemlösefähigkeit, Abbau von Präkonzepten, Reflexion über den Wissenserwerb in Naturwissenschaft und Technik sowie Förderung der Fachsprache.

Vorrangiges Ziel von Experimenten im technischen Bildungsbereich ist sicher der Erwerb von Kenntnissen über die Voraussetzungen und Bedingungen des Verhaltens technischer Gegenstände und der Übertragung dieser Erkenntnisse auf Realaufgaben (vgl. Rebmann, Tenfelde & Uhe 1998, S. 119).

Mit Sachs (1997, S. 251) und Ott & Pyzalla (2003, S. 121) können die Funktionen weiter konkretisiert werden:

- Experimentelle Ableitung naturwissenschaftlicher Gesetze bzw. Ermittlung von Stoffkonstanten.
- Experimentelle Erprobung der Funktionsweise technischer Systeme zur Überprüfung der Brauchbarkeit oder Optimierung, beispielsweise durch das Aufdecken von Übereinstimmung, Wiedersprüchen oder Differenzen zwischen verschiedenen Parametern.
- Experimenteller Vergleich von technischen Verfahren, Werkstoffen u.a.
- Ermittlung (noch) unbekannter Zusammenhänge und Eigenschaften eines geplanten technischen Gebildes.

Welche Effekte mit einem Experiment jeweils beabsichtigt werden, ist auch von der grundsätzlichen Konzeption abhängig. Schmayl und Wilkening (1995) teilen die Experimente in Schüler- und Demonstrationsexperimente und unterscheiden weiter nach dem Grad der Anweisungsgebundenheit, nach der Sozialform der Arbeitsorganisation (arbeitsteilig/arbeitsgleich) und nach den entsprechenden Themenschwerpunkten.

Phasenstruktur des technischen Experiments: Die Phasenstruktur eines technischen Experimentes ist generell vom Typ des Experimentes abhängig (vgl. Sachs 1997, S. 254ff.). Im Wesentlichen lassen sich – wie bei allen Methoden – drei Phasen unterscheiden: Die Vorbereitung, die Durchführung und die Auswertung (vgl. Ott & Pyzalla 2003). In der Vorbereitungsphase gilt es, ein Problem in Form einer technischen Frage herauszuarbeiten und Erklärungsvermutungen (Hypothesen) zu formulieren. Die Hypothesen sollten in der Durchführungsphase dann möglichst an selbstersonnenen oder -konstruierten Versuchsaufbauten überprüft werden. Im

Rahmen einer Versuchsplanung sind daher die Versuchseinrichtung, der Versuchsablauf und die Möglichkeiten der Ergebnisauswertung festzulegen. Die in der Durchführungsphase anfallenden Ergebnisse müssen in geeigneter Form dokumentiert werden. In der anschließenden Bewertungsphase werden dann die qualitativen und quantitativen Ergebnisse formuliert und diskutiert. Ausgehend davon ist auch eine Beurteilung des Versuchsaufbaus vorzunehmen, bei der die Eignung für die Überprüfung der Hypothesen thematisiert wird.
Zusammenfassend lässt sich die Grobstruktur eines technisches Experiments an folgender Abfolge festmachen: 1. Beobachten, Problemfindung, 2. Frage/Hypothese aufstellen, 3. Planen des Experiments bzw. des Lösungsentwurfes, 4. Bereitstellung der technischen Mittel und Aufbau der Experimentieranordnung, 5. Durchführung des Experimentes mit zeitgleichem Beobachten und/oder Messen, 4. Aussagen bzw. Ergebnisse fixieren, 6. Bearbeiten der Versuchsdaten 7. Einordnung und Bewertung der Ergebnisse (vgl. Blandow et al. 1981).

7.1.7 Szenario-Technik

Charakteristik: Wissen zu wollen, was die Zukunft bringt, ist ein Anliegen das immer Konjunktur hat. Die Ursache hierfür liegt sowohl in der Hoffnung begründet, sich dadurch rechtzeitig anpassen zu können als auch im Bestreben, das Erwartete aktiv mitzugestalten. Prognosen als Entscheidungsgrundlagen sind daher in Wirtschaft, Gesellschaft, Politik und natürlich auch im Privatbereich beliebt. Die richtigen Entscheidungen zu treffen, ist allerdings selbst mit einem unverstellten Blick auf die nahe Zukunft eine Herausforderung. Ungleich schwieriger ist es, Vorsätze, Handlungsentwürfe oder Utopien für eine Zeit zu entwickeln, die über die Gegenwart hinausreicht. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die dynamische technologische Entwicklung.
Innovative Informations- und Kommunikationstechnologien, künstliche Intelligenz, neue Werkstoffe, Robotertechnik sowie Biotechnologien und neue Energiequellen haben Auswirkungen auf Arbeitsmärkte sowie Gesundheits-, Energie-, Transport- und Bildungssysteme. Obwohl Technik also leicht als Ursache für kommende Umwälzungen und Brüche identifiziert werden kann, ist die Frage, was genau passieren wird, schwer zu beantworten. Dabei wäre eine systematische Auseinandersetzung mit zukünftigen Auswirkungen technischer Entwicklungen durchaus sinnvoll und zwar gerade dort, wo eigentlich auf die Zukunft vorbereitet werden soll – in Schule und Hochschule. Richard Beecroft und Jan C. Schmidt (2012, S. 157) sehen sich daher zu folgender Einschätzung veranlasst: „*Dem Bildungsbereich (Schule, Hochschule) fehlt die Zukunftsdimension, dem Zukunftsbereich (Technikfolgenabschätzung) fehlt die Bildungsdimension.*“
Eine Möglichkeit, Urteilsbildung und Reflexion über zukünftige Entwicklungen zu fördern, stellt die Szenario-Methode dar (vgl. Kornwachs & Meyer 1995). Die hauptsächliche Funktion der Methode besteht darin, mögliche komplexe Zukunftssituationen beschreibbar zu machen. Damit soll die Fähigkeit verbessert werden, mit den Unsicherheiten zukünftiger Entwicklungen umzugehen und etwaige Gestaltungsaspekte nicht unberücksichtigt zu lassen (Grunwald 2002, S. 224). Ziel ist es nicht in erster Linie, das wahrscheinlichste Szenario zu beschreiben. Es geht vielmehr um die Darstellung möglicher Zukünfte bzw. Verläufe, die unter explizit angenommenen Ausgangsbedingungen auftreten können. „*Die Scenario-Gestaltung ist eine Mischung aus prognostischem Wissen, intellektueller Kombinatorik und phantasievoller Erzählkunst; sie sagt nicht, was sein wird, sondern antwortet auf die Fragen des Typs Was wäre, wenn*“ (Grupp 1994, S. 74).
Theoretisch können natürlich beliebig viele Szenarien konstruiert werden. In der Regel kann man jedoch mit drei gut auskommen, um mit diesen alle logisch möglichen und empirisch wahrscheinlichen Szenarien zu charakterisieren. Mit einem so genannten Trendszenario lässt

sich die aktuelle Entwicklung unter der Annahme fortschreiben, dass keine wesentlichen Störgrößen oder Veränderungen auftreten werden. Mit zwei gegensätzlichen Szenarien sollen dagegen positive und negative Entwicklungen ausformuliert werden. Ersteres beschreibt die am günstigsten anzunehmende Zukunftsentwicklung (*best-case-scenario*), wohingegen das negative Extremszenario den Entwicklungsverlauf im schlechtesten Fall beschreiben soll (*worst-case-scenario*).

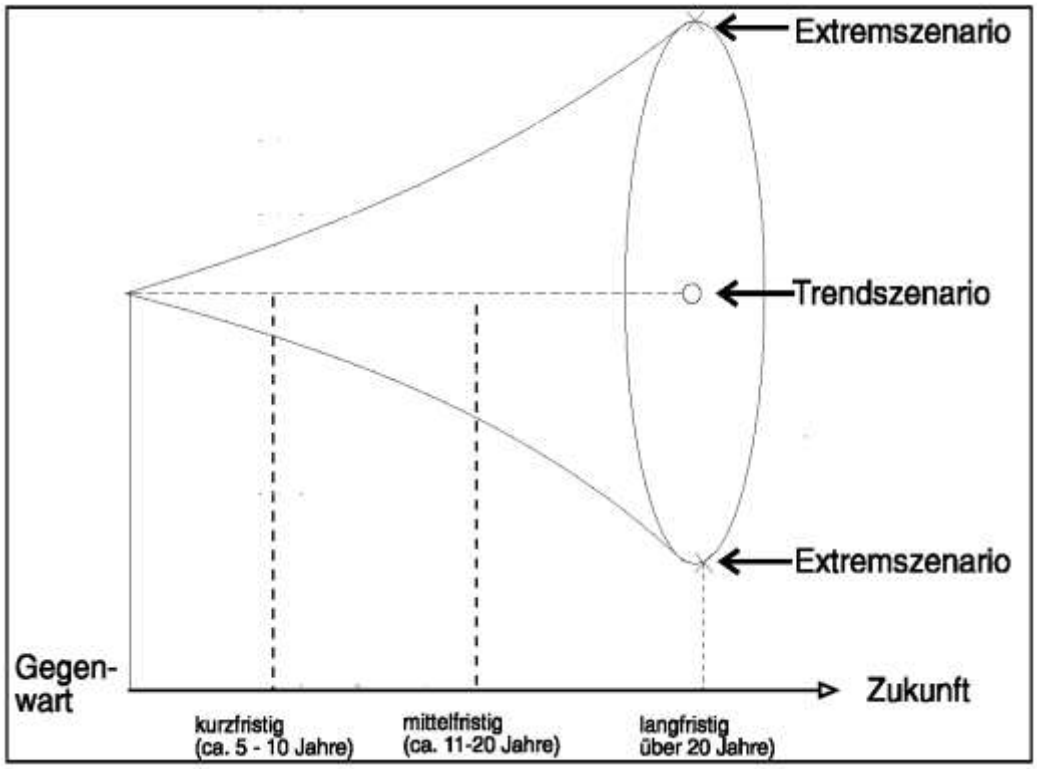

Abb. 7.6: Der Szenario-Trichter und die drei Grundtypen des Szenarios

Die Charakteristika der Szenario-Methode können am besten mit Hilfe des sogenannten "Szenario-Trichters" verdeutlicht werden (vgl. Abb. 7.6). Der Trichter symbolisiert die auf die Zukunft bezogene Komplexität und Unsicherheit: Je weiter man von der heutigen Situation aus in die Zukunft geht, desto größer wird die Unsicherheit und desto umfassender und vielfältiger wird die Komplexität (vgl. Reibnitz 1991, S. 26). Im unklaren Realitätsgehalt sowie in der Subjektivität bei der Wahl der Pfade liegen neben dem Aufwand für die Strukturierung des Untersuchungsfeldes auch die Probleme der Szenariotechnik.

Ablauf

Für die Ausführung der Szenariomethode werden bis zu acht Schritte vorgeschlagen. Für die unterrichtliche Umsetzung sind wohl eher vier Schritte realistisch. Innerhalb dieser Phasen können auch andere Methoden zum Einsatz kommen, beispielsweise Brainstorming, Wechselwirkungsanalyse, Trendextrapolation, Relevanzanalyse oder Risikoanalyse. Die Schritte im Einzelnen (vgl. Weber 1995, S. 28f.):

1. Schritt: Aufgaben- und Problemanalyse

Ausgehend von einem aktuellen Anlass oder einer grundsätzlichen Fragestellung wird in der ersten Phase das Problemfeld abgesteckt, indem Erscheinungen, Betroffenheiten, Zusammenhänge und Ursachen zusammengetragen werden. Anschließend wird das Problem sachlich,

räumlich und zeitlich eingegrenzt.

2. Schritt: Einflussanalyse und Deskriptorengewinnung
Durch Brainstorming bzw. Brainwriting werden dann die Einflussbereiche oder Einflussfaktoren bestimmt, die für ein bestimmtes Problem ausschlaggebend sind. Durch Überlegungen zur Vernetzung oder gegenseitigen Einflussnahme lassen sich die Faktoren reduzieren und strukturieren. Zum Einsatz kommen kann an dieser Stelle zum Beispiel eine Wechselwirkungsanalyse. Ziel ist die Gewinnung so genannter kritischer Deskriptoren. Bei einem Deskriptor handelt es sich um eine neutrale, beschreibende Kenngröße für einen Einflussfaktor.

3. Schritt: Ermittlung und Präsentation der Entwicklungstendenzen
Ausgehend von den kritischen Deskriptoren werden nun *best-case, worse-case* und Trendszenario entwickelt und anschließend von den Beteiligten vorgestellt.

4. Schritt: Konzeption von Maßnahmen zur Problemlösung
Ziel dieser Phase ist es, Strategien und Maßnahmen der Problemlösung zu erarbeiten, die entweder eine gewünschte Entwicklung unterstützen oder eine ungewünschte weniger wahrscheinlich machen. Leitfragen, die hier eine Rolle spielen können sind etwa: Was kann jeder Einzelne tun, was können Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft, Politik u.a. tun?

7.1.8 Simulationen

Die rasante Dynamik technischer Entwicklungen zwingt den Bildungsbereich zu einem ständigen Wettlauf um die Anschlussfähigkeit an die Realität. Didaktisch aufbereiteten Modellen und Medien kommt bei der Erfassung der Technik daher seit jeher eine wichtige Rolle zu. Speziell rechnergestützten Simulationen wird für Lehr-/Lernzwecke ein besonderes Potenzial zugebilligt.

Charakteristik: Technische oder soziotechnische Systeme sind oftmals sehr komplex und einer einfachen analytischen Betrachtung nicht zugänglich. Geeignete Modelle können jedoch dabei helfen, das Systemverhalten zu verstehen. Um Erkenntnisse über die Prozesse in diesem System zu erhalten, muss es sich jedoch um operative Modelle handeln, also um Simulationen (vgl. Raser 1976, S. 11ff.). Eine Simulation lässt sich als Nachahmung des Verhaltens eines realen Systems auf der Grundlage eines dynamischen Modells verstehen. In der VDI-Richtlinie 3633 (Blatt 1, S. 3) wird die Simulation definiert als „*das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind. Insbesondere werden die Prozesse über die Zeit entwickelt. […] Im weiteren Sinne wird unter Simulation das Vorbereiten, Durchführen und Auswerten gezielter Experimente mit einem Simulationsmodell verstanden*“.
Die Definition verdeutlicht drei Gesichtspunkte, die eine Simulation grundsätzlich charakterisieren: Das Modell selbst, bei dem es sich um eine gegenständliche oder schematisierte Substitution des fokussierten Wirklichkeitsbereichs handeln kann, die Experimentierbarkeit, also die Möglichkeit der Interaktion mit diesem Modell sowie die Zweckorientierung der Interaktion mit dem Modell. Aus didaktischer Sicht interessant sind insbesondere die Repräsentationsfunktion des Modells sowie die Möglichkeiten zum Probehandeln.
Das für die Simulation erforderliche Modell der Wirklichkeit kann drei Konstellationen aufweisen. Naheliegend ist oftmals, die Wirklichkeit nur maßstäblich zu verändern oder vereinfacht nachzubauen. Um ihren Zweck zu erfüllen, müssen Modelle jedoch nicht zwangsläufig Ähnlichkeit mit der Realität aufweisen. Erforderlich ist nur, dass sie die entsprechenden Mechanismen der Wirklichkeit bzw. des Phänomens repräsentieren (vgl. Clark 2009, S. 5). Die

Realität kann daher beispielsweise auch durch ein analoges physikalisches Modell ersetzt werden. Eine weitere Option besteht darin, die Wirklichkeit über ein mathematisches Modell zu beschreiben (vgl. Kahlert 2004, S. 20ff.).
Je nach Zweckbestimmung des Modells lassen sich Formmodelle (z.B. Spielzeugautos), Funktionsmodelle, die genau so funktionieren wie das Original, aber evtl. eine andere Form besitzen (z.B. eine künstliche Niere) und Verhaltensmodelle unterscheiden. Im letzteren Fall handelt es sich besonders in der Technik zumeist um mathematische Beschreibungen, deren Lösungsmannigfaltigkeiten den Verhaltensverlauf des Originals mehr oder weniger gut wiedergeben können (Kornwachs 2015, S. 92).
Die Modellierungs- und Visualisierungsmöglichkeiten der Informationstechnik haben dazu geführt, dass digital modellierte Verhaltensmodelle heute in allen technischen Bereichen auf dem Vormarsch sind. Rechnergestützte Simulationen kommen sowohl in Technikwissenschaft und Technikanwendung, als auch im Bildungsbereich zum Einsatz. Sie dienen der Erkenntnisgewinnung, der Vorbereitung von Gestaltungsaufgaben oder dem Training spezifischer Fähigkeiten. In Anlehnung an Christoph Hubig (2013, S. 213f.) lässt sich das Wissensgebäude der Technik selbst als Simulation deuten, da es ja auf der Definition naturwissenschaftlicher Parameter, der Beschreibung ihrer Kausalbeziehungen und der Kombination zu Modellen über die Realität beruht.

Simulationen in Technikwissenschaft und Praxis: Die Aufgabe von Simulationen als Erkenntnismethode in der technikwissenschaftlichen Forschung ist es, Sachverhalte kausal oder funktional zu erschließen. Am Verhaltensmodell lassen sich Experimente und Vorgänge studieren, die in der Realität nur schwer oder gar nicht zugänglich sind. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn eine reale Versuchsanordnung zu risikobehaftet wäre und organisatorisch oder finanziell einen zu hohen Aufwand bedeuten würde. Der zeitliche Verlauf realer Prozesse, etwa zu schnelle oder zu langsame Vorgänge, sprechen ebenfalls für ein Ausweichen auf Simulationen. Damit stellen sie in vielen Bereichen eine effektive und effiziente Möglichkeit dar, um Prozesse zu rekonstruieren beziehungsweise um Daten und Informationen zur Steuerung dieser Prozesse ausfindig zu machen.
Im weiten Feld technischer Praxis werden Simulationen in der Produktentwicklung, in der Arbeitsvorbereitung, im Training und in der Produktion eingesetzt. Unter dem Stichwort „Digitale Fabrik“ spielen Simulationen bei allen Planungs-, Entwicklungs-, Herstellungs- und Distributionsprozessen mittlerweile eine große Rolle. Mit ihnen lassen sich Eigenschaften technischer Systeme etwa im Rahmen des *Rapid-Prototyping*, der Tragwerkkonstruktion oder der Vorbereitung ganzer Produktionslinien erfassen (vgl. Hubig 2013, S. 211). Lange bevor beispielsweise der erste Prototyp einer Maschine, eines Flugzeuges oder eines Fahrzeugs gebaut ist, können am Modell Untersuchungen vorgenommen und Vorgänge experimentell geplant, gesteuert oder evaluiert werden. Gegebenenfalls sind Verknüpfungen zum Originalsystem möglich. Dadurch kann entweder während des Durchlaufs des Originalsystems das Verhalten eines simulierten Systemteils abgebildet werden oder es können die während der Simulation optimierten Daten im Anschluss für reale Steuerungs- und Regelungsaufgaben verwendet werden (vgl. Brychta & Müller 2004, S. 9f.).
Zusammenfassend können drei wesentliche Anwendungsfelder von Simulationen identifiziert werden (Kornwachs 2015, S. 95): (1) Die Erzeugung von Signalen und Daten zur Regelung und Steuerung von Prozessen. (2) Die Vorhersage der Dynamik von Prozessen bzw. die Rekonstruktion von Prozessen in der Vergangenheit. (3) Die Suche nach Erklärungen, Regularitäten und Strukturen des Prozesses, die sich als Muster in den Daten ausdrücken können.
Die Fülle an Einsatzmöglichkeiten bringt es mit sich, dass die Modellbildung, die Entwicklung von Simulationskonzepten, die Ermittlung der Simulationsparameter, die Simulationsdurchführung oder die Dokumentation der Simulationsergebnisse mittlerweile zum festen Aufgabenrepertoire in technischen Domänen gehören.

Generelle Bedeutung von Simulationen für Bildungszwecke: Die Anwendung von Simulationen für Bildungszwecke hat ebenfalls Tradition. Ein Beispiel dafür sind Simulationsspiele wie Rollen- oder Planspiele, die ab den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts eine verstärkte Beachtung in der deutschsprachigen pädagogisch-didaktischen Literatur gefunden haben (vgl. Lehmann & Portele 1976; Buddensiek 1979). Mit der zunehmenden Verbreitung von Mikrocomputern wurden die didaktischen Voraussetzungen und Möglichkeiten computergestützter Simulationen auch für Schule und Hochschule erörtert (vgl. Cyranek 1978).
Aus lerntheoretischer Sicht versprechen Simulationen einen effektiven Aufbau von Wissen und Erfahrung. Die Fokussierung und Komplexitätsreduzierung einer solchen Anwendung kann beispielsweise zu einer Entlastung des Lerners beitragen. Anders als in der Realität, in der sich Ereignisse mehr oder weniger zufällig ereignen, lässt sich bei vielen Simulationen eine Komplexitätsdifferenzierung vornehmen. Auf diese Weise kann eine am Lernfortschritt orientierte Problem- und Aufgabenstellung erfolgen. Die Koppelung des Lerners mit der simulativen Umgebung führt ferner zu einer sofortigen Rückmeldung über einen etwaigen Korrekturbedarf des eigenen Verhaltens. Im Idealfall bilden Lerner und System daher ein selbstkorrigierendes System (vgl. Joyce, Weil & Calhoun 2010, S. 351f.). Der Einfluss von Simulationen auf die Genese kognitiver Strukturen gilt als weiterer Pluspunkt. Mentale Modelle, so resümieren etwa Fan und Geelan (2012, S. 2f.), würden wie eine interne Simulation funktionieren und durch Simulationen von außen stimuliert. Den Erkenntnissen, die sich in Zusammenhang mit der Erfahrung unterschiedlicher Interdependenzen von Systemvariablen, Regeln und Prozessen einstellen, wird dabei eine besondere Qualität zugesprochen. Vorteile werden insbesondere im Hinblick auf das systemische Denken, das modellbasierte Analysieren oder für den Aufbau eines konzeptionellen Verständnisses gesehen (vgl. Clark et al. 2009, S. 15ff.). Zugewinne durch den Einsatz von Simulationen erwartet werden ferner für die Entwicklung von Problemlösefähigkeit und Entscheidungskompetenz (vgl. Schulmeister 2007, S. 355). Und nicht zuletzt versprechen die mit dem Simulationsmodell vorgegebenen Erprobungsmöglichkeiten und Freiheitsgrade eine motivationsfördernde Wirkung.
Ob sich diese Effekte tatsächlich einstellen, ist nicht unwesentlich von der Qualität des zugrundeliegenden Modells abhängig. Von Bedeutung ist beispielsweise die Nähe zur Realität sowie der Umfang an Interaktions- und Modifikationsmöglichkeiten, die das Modell dem Lerner einräumt. Trotz möglicherweise beschränkter Einwirkungsmöglichkeiten sollte dem Nutzer bei einer Simulation ein gewisser Handlungsraum verbleiben, der nicht in erster Linie auf eine effektive, fehlerfreie und schnelle Ausführung abstellt, sondern Erfahrungen in unterschiedliche Richtungen zulässt (vgl. Lehmann 1976, S. 342).
Vom reinen Spiel heben sich die zu Bildungszwecken eingesetzten Simulationen durch die Zweckorientierung, die nicht unbedingt notwendige Wettbewerbsorientierung sowie durch den Verzicht auf ein Narrativ oder eine Story ab (vgl. Borgenheimer 2014, S. 7; Honey & Hilton 2011, S. 9f.; Martens & Maciuszek 2013, S. 25). Nach dem Motto, dass alle Spiele Simulationen, aber nicht alle Simulationen Spiele sind, wird seit einiger Zeit die Schnittmenge zwischen rechnergestützten Spielen und Simulationen neu ausgeleuchtet. Der Diskurs firmiert unter Begrifflichkeiten wie „*Game Based Learning*“, „*Serious Games*“ oder „*Educational Games*“ (vgl. Fromme, Jörissen & Unger 2008; Wechselberger 2010; Wouters et al. 2013; Jolie et al. 2013).

Rechnergestützte Simulationen für Lehr-/Lernprozesse – Eigenschaften und Unterschiede: Das Spektrum digitaler Simulationen reicht von beeinflussbaren Animationen mit eher filmischem Charakter, bis hin zu komplexen Anwendungsprogrammen mit vielfältigen Manipulationsmöglichkeiten (vgl. Arnold et al. 2018, S. 194). Die Typen lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien näher charakterisieren (de Jong & van Joolingen 1998. S. 180; Collis 2002, S. 11; Grafe 2008, S. 74; Clark et al. 2009, S. 6ff.; Leutner 2010, S. 665f.; Borgenheimer 2014, S. 12). Neben der inhaltlichen Ausrichtung auf eine bestimmte Domäne oder einen Kompetenzbereich zählen hierzu folgende Aspekte: Art und Qualität der integrierten multimedialen,

multicodalen, multimodalen und interaktiven Komponenten, das Ausmaß an Steuerungsmöglichkeiten für den Nutzer, der Grad der Offenheit der Lernumgebung für die Integration von Verhaltensweisen externer Objekte oder Personen, die mögliche Anwendungsbreite für Lehr-/Lernzwecke und natürlich die Art des Modells.
Dem hinterlegten Modell kommt wegen der damit verbundenen Festlegung der Interaktionsmöglichkeiten und Freiheitsgrade bei der Abgrenzung von Simulationstypen eine besondere Relevanz zu. In Bezug auf die Offenheit der Lernumgebung lassen sich zwei grundsätzliche Typen unterscheiden: Zum einen der Typus, der reale soziale oder materielle Umwelten integrieren und ggf. Manipulationen dieser Umwelt berücksichtigt (z.B. über virtuelle Realität oder *graspable interfaces*) und zum anderen der, der ausschließlich als Softwareapplikation funktioniert. Leutner (2010, S. 666) unterscheidet rechnergestützte Simulationen nach ihren Eingriffsmöglichkeiten in vier Kategorien: Bei einer Prozesssimulation hat der Nutzer allenfalls die Möglichkeit, Anfang und Ende der Simulation zu bestimmen oder Geschwindigkeit und Laufrichtung zu beeinflussen. Zu dieser Kategorie zählen Animationen und Videosequenzen. Ein simuliertes Experiment erlaubt es dem Lernenden dagegen, Veränderungen an bestimmten Variablen des simulierten Realitätsbereichs vorzunehmen und den Vorgang zu wiederholen (z.B. Aufbau von elektronischen Schaltungen). Bei einem simulierten Planspiel wird der Lernende selbst Teil des simulierten Realitätsbereichs. Er greift dynamisch in einen über mehrere Zeittakte hinweg und nach festgelegten Regeln ablaufenden Prozess ein. Dabei kann er den Prozess nicht beliebig oft anhalten oder neu starten (z.B. bei einer Management-Simulation oder einer Flugsimulation). Die meisten Freiheitsgrade bergen Mikrowelten. Bei diesem vierten Typ müssen die Lernenden das System erst selbst modellieren (z.B. anhand einer Programmiersprache).
Clark et al (2009, S. 8f.) richten den Fokus zusätzlich zu den aufgeführten Kriterien auf das jeweilige System, das modelliert werden soll, sowie auf die Art und Weise, wie es modelliert wird: *Behavior-based models* beziehen sich hauptsächlich auf einzelne Objekte oder Interaktionen zwischen den Objekten, deren Verhalten durch Systemvariablen beeinflusst werden kann. Bei *emergent, multi-agent based models* und *models based curricular units* handelt es sich dagegen um die Modellierung komplexer Systeme, in denen kollektives Verhalten erst aus den Interaktionen einzelner Elemente entsteht. Beim *aggregate modeling* oder auch *systems dynamics modeling* wird versucht, komplexe Systeme durch die Kombination von Zeichen oder grafischen Symbolen zu beschreiben. Die mathematische Formulierung von Kausalstrukturen auf der Basis vorhandener Daten erlaubt dann mittels geeigneter Software eine Untersuchung der Funktionsweise des Systems. *Composite models of processes and skills* ermöglichen das Training komplexer Aufgaben in simulierter Umgebung (z.B. medizinische Simulationen).

Bedeutung von Simulationen innerhalb der technischen Bildung: Modelle und Simulationen zählen auch innerhalb der technischen Bildung seit langem zu unverzichtbaren didaktisch-methodischen Elementen. Etliche Vorteile, sie sich durch den Einsatz von Modellen und Simulationen im Rahmen technischer oder vorberuflicher Bildungsprozesse gegenüber dem realen Handlungsvollzug ergeben, liegen auf der Hand: Im Gegensatz zum Arbeitsprozess mit seinen primär ökonomisch-technischen Erfordernissen kann der Lernprozess hier den Lerngegebenheiten wesentlich zielgenauer angepasst werden. Stellschrauben sind zum Beispiel die inhaltliche Komplexitätsreduzierung oder -differenzierung, ein Angebot an inhaltlichen oder prozessualen Hilfestellungen sowie eingebaute Phasen zur reflexiven Verarbeitung des Lerngeschehens. Die besondere Wirkung von Simulationen liegt jedoch vor allem in der Verknüpfung von Theorie und Praxis. Bereits durch die Nutzung von technischen Baukästen oder didaktischen Lernsystemen mit Geräte-Elementen kann beispielsweise das statische, dynamische oder regelungstechnische Verhalten technischer Systeme an einem überschaubaren Modell erfahren werden. Mit rechnergestützten Simulationen lässt sich die Anschaulichkeit komplexer Technik jedoch noch einmal erhöhen. Dies ist besonders dort von Bedeutung, wo konkrete Erfahrungen am

System aus Gründen wie Sicherheit oder Größe ausgeschlossen werden müssen. Ferner können Kostengründe beziehungsweise die Schonung von Material oder Betriebsmittel für den Einsatz rechnergestützter Simulationen sprechen. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von CNC-Simulationssoftware im Vorfeld realer Zerspanungsprozesse.
Technikbezogene Simulationen ermöglichen Probehandlungen und bieten dem Lerner Rückmeldungen über physikalische, chemische oder konstruktive Zusammenhänge. Sie helfen, Voraussagen über reale Geschehnisse zu treffen und können auf diese Weise auch das kritische Denken fördern. Die Reproduzierbarkeit, also die Option, rechnergestützte Simulationen immer wieder ablaufen zu lassen, stellt einen weiteren gewichtigen Vorteil dar.

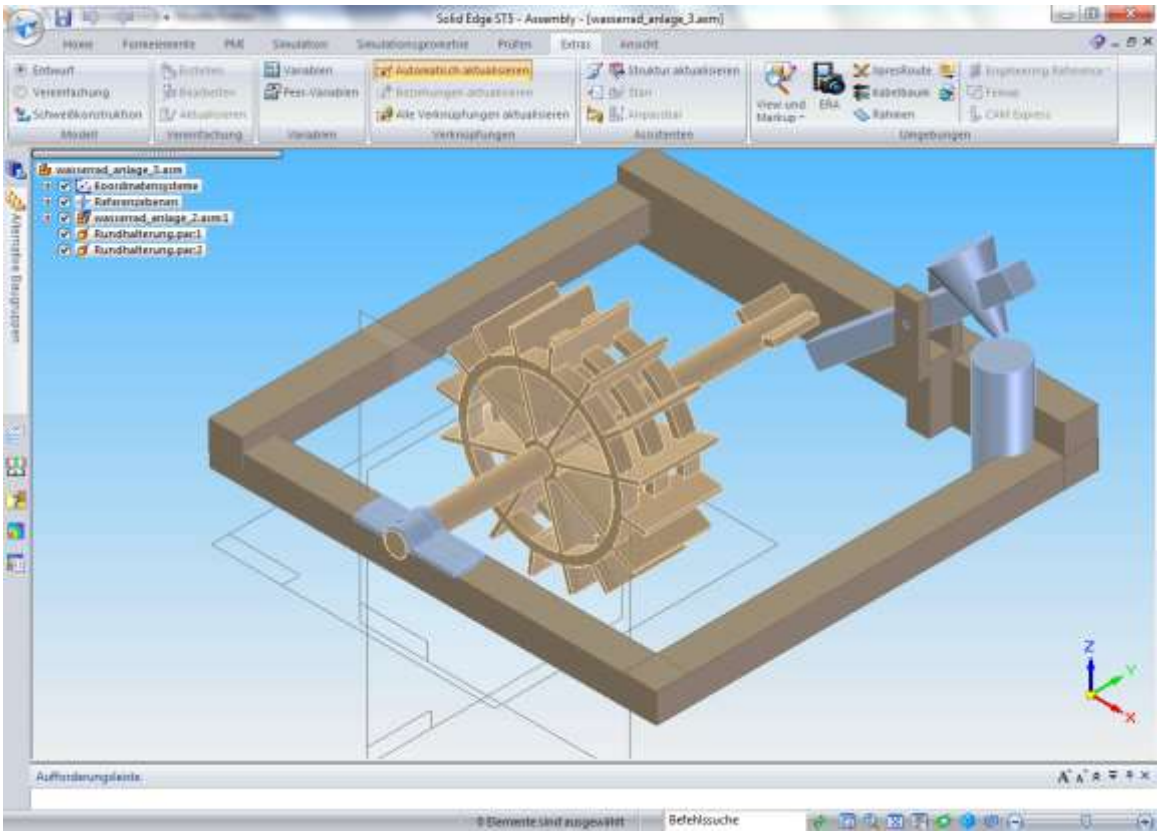

Abb. 7.7: Wasserrad zum Antrieb eines Hammers – Bewegungsanalyse mittels CAD

Untersuchungen zum Einsatz rechnergestützter Medien im Bildungsbereich legen den Schluss nahe, dass sich der Einsatz von Simulationen im technischen Bildungsbereich hauptsächlich auf die gewerblich-technische Aus- und Fortbildung sowie die Lehre und Forschung an Technischen Hochschulen konzentriert (vgl. Mansfeld 2013; Eickelmann u.a. 2014). Der Einsatz von Simulationen erfolgt dort etwa im Rahmen von Trainingsmöglichkeiten für die Bedienung von CNC-Maschinen und Robotersystemen oder dient der Prüfung von Passung und Funktion einzelner Elemente und Baugruppen. Besonders die Modellierung und Simulation technischer Systeme mit modernen CAD-Systemen, wie sie heute auch an vielen allgemeinbildenden Schulen verwendet werden, eröffnet für technische Bildungsprozesse verschiedene Optionen. Handelt es sich bei der Simulation beispielsweise um das Endergebnis eines Konstruktionsvorganges, kann am fertigen Modell eine Art Qualitätskontrolle durchgeführt werden. Analysiert werden kann dann etwa, inwiefern Morphologie oder Funktionalität der Bauteile stimmig gewählt wurden. Die Visualisierungseffekte der mittels CAD-Anwendungen modellierten Bauteile und ihre Dynamisierung durch die Definition von Achsen und Rotationsbewegungen, versprechen einen Zugewinn beim konstruktiven Verständnis. Die Möglichkeiten, das Verhalten technischer

Systeme selbst zu beeinflussen, kann zudem motivierend sein. Neben den relativ schnell realisierbaren Veränderungen von Form und Lage einzelner Bauteile lassen sich die mit CAD erzeugten Daten weiter nutzen. Mittels der Finite Elemente Methoden (FEM), die heute zum Bestandteil etlicher CAD-Anwendungen gehören, lassen sich beispielsweise Festigkeitssimulationen durchführen. Auch die Ableitung von Daten für die weitere maschinelle Fertigung ist möglich.
Während digitale Simulationsmodelle zunächst aufwändig programmiert werden mussten, haben Simulationswerkzeuge mit grafischen Editoren seit geraumer Zeit zu einer wesentlichen Vereinfachung der Modellbildung geführt. Für den Bereich der Dynamiksimulation hat sich die aus der Regelungstechnik stammende Blockschaltbild-Darstellung etabliert (Glöckler 2014, S. 2). In ähnlicher Weise funktionieren auch Programmieroberflächen für technische Lernsysteme, wie Fischertechnik oder FluidSim®. Mit dem Programm FluidSIM® können Schülerinnen und Schüler ihre pneumatischen, logischen oder elektrischen Schaltungen in der Simulation testen, bevor sie diese tatsächlich aufbauen.
Vergleicht man die Ziele des Einsatzes von Simulationen in Technikwissenschaft und Praxis mit den angestrebten Kompetenzen im Bereich technischer Bildung, ergeben sich deutliche Parallelen (Tabelle 7.5). Der in der Praxis erprobte Werkzeugcharakter ebenso wie die bereits dokumentierte Lernrelevanz führen zu dem Schluss, dass rechnergestützte Simulationen noch mehr als bisher auch im allgemeinbildenden Bereich zum Einsatz kommen sollten.

Tab. 7.5: Simulationen in Forschung, Entwicklung und Praxis und Kompetenzerwerb (vgl. Brychta & Müller 2004, S. 10; VDI 2007)

Zielsetzungen bei Simulationen in Forschung, Entwicklung und Produktion	Kompetenzbereiche für die technische Bildung
Analyse • Systemverhalten verstehen • Zusammenhänge klären • Wissen über ein System ordnen Synthese • Zusammenstellen und Auslegung von Subsystemen, um ein gewünschtes Gesamtverhalten zu erhalten • Systemverhalten bei Systemvariationen erforschen • Test in unbekannte Parameterbereiche	• Technik verstehen Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden • Technik konstruieren und herstellen Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen • Technik nutzen Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen • Technik bewerten Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen • Technik kommunizieren Technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen

Bedeutung von Simulationen für die Berufsorientierung: Als „didaktische Werkzeuge“ tragen Simulationen zum Aufbau naturwissenschaftlich-technischer Kompetenzen bei, ihre Verbreitung in gewerblich-technischen Domänen macht sie aber auch zum lohnenden Lerninhalt für die Berufs- und Studienorientierung. Berufsorientierende Lernprozesse kommen ohne konkrete Bezüge zur Arbeitswelt nur schwerlich aus. In Anlehnung an die Lernortsystematik von Dehnbostel (1996, S. 20) lässt sich die Verbindung aus Arbeiten und Lernen entweder als ar-

beitsweltgebunden, arbeitsweltverbunden oder arbeitsweltorientiert charakterisieren. Arbeitsweltgebunden bedeutet, dass Lernen direkt an einem betrieblichen Lernort stattfindet. Arbeitsweltverbundenes Lernen setzt eine räumliche und organisatorische Abstimmung zwischen Lernort und Arbeitsplatz voraus, wie sie zum Beispiel bei extra eingerichteten Musterarbeitsplätzen ohne direkte Integration in Arbeitsprozesse der Fall ist. Beim arbeitsweltorientierten Lernen bestehen dagegen „nur" methodisch-didaktische Bezüge zwischen Lernort und Arbeitsplatz.
Simulationen, die sich an beruflichen Aufgabenstellungen orientieren, können daher zum arbeitsweltorientierten Lernen gerechnet werden. Sie eignen sich dazu – wie etwa im OECD-Gutachten zur Berufsberatung in Deutschland (2002) vorgeschlagen – dem Schüler Einblicke in die Arbeitswelt zu vermitteln und Reflexionsprozesse über die dort geforderten Anforderungen anzustoßen.
Nicht jede Simulation muss jedoch am Computer ablaufen, beziehungsweise allein auf technisch-funktionale Parameter abheben. Simulative Methoden, wie das Rollenspiel, das Planspiel oder auch die Fallstudie erlauben ebenfalls eine Analyse beruflicher Anforderungen. Wie das Beispiel eines deutschen Automobilbauers zeigt, können Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch den Zusammenbau von Legoautos in Fließfertigung für den Einsatz an der Montagelinie geschult werden. Dadurch lassen sich Abläufe und Arbeitsprozesse einstudieren, die später die Fehlerquote bei der realen Montage reduzieren helfen. Planung und Einsatz einer solchen „Montagelinie" versprechen auch Effekte für Bildungsanliegen im Rahmen der Berufsorientierung.

Einschränkungen beim Einsatz von Simulationen und Unterstützungsmöglichkeiten: Der Einsatz von Simulationen in Bildungsprozessen erfolgt in Erwartung von Transfereffekten für die Praxis. In Bezug auf technische Systeme, deren Konstruktions- und Funktionszusammenhänge bekannt sind, sollten sich diese tatsächlich auch einstellen. Ungleich schwieriger erscheint dagegen – wie Kerres, Bormann und Vervenne (2006, S. 6f.) konstatieren – die Übertragung simulierter soziale Prozesse in den Anwendungsalltag.
Allerdings ist auch der Einsatz rechnergestützter Simulationen in Bezug auf rein technische Sachverhalte noch kein Selbstläufer, sondern wirft etliche Fragen und Probleme auf. Das gilt in besonderer Weise für das Modell, das das Phänomen bzw. den Realitätsausschnitt repräsentieren soll (vgl. Plass & Schwartz 2014, S. 732). Es wird vom Ersteller des Modells designt, in symbolischer Form mittels Code definiert und dem Nutzer über verschiedene mediale Repräsentationsformen sowie entsprechende Schnittstellen präsentiert. Eine solche Implementierung birgt die Gefahr, dass möglicherweise Objekte oder Prozesse zusammengefügt wurden, die in der Realität kaum oder zumindest nicht in der vorhandenen didaktisch reduzierten Form aufeinander bezogen sind. Dies sollte dem Nutzer einer solchen Anwendung bewusst sein (vgl. Kornwachs 2015, S. 108). Aber selbst dann, wenn das der Simulation hinterlegte Modell hinreichend wirklichkeitsnah ist, ist der Erkenntniszuwachs beim Lerner noch nicht vorprogrammiert, wie de Jong und van Joolingen (1998, S. 183ff.) als Fazit der Analyse verschiedener Studien zum entdeckenden Lernen mit Simulationen konstatieren. Bereits das Aufstellen von Hypothesen kann mit etlichen Schwierigkeiten verbunden sein. Überlagerungseffekte – zum Beispiel ausgelöst durch Spaß oder eine ausschließliche Ergebnisorientierung des Lerners – sind weitere Aspekte, die dem Aufbau des eigentlich beabsichtigten Modellverständnisses im Wege stehen können. Außerdem besteht immer eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass Daten und Variablen falsch oder unpassend interpretiert werden. Unterschiedliche Fähigkeiten bei der Selbststeuerung des Lernprozesses können den Lernerfolg zusätzlich beeinträchtigen. Begünstigt werden solche beeinträchtigenden Effekte durch gestalterische oder organisatorische Aspekte. Urhahne und Harms (2006, S. 364ff.) schlagen auf der Basis eines Schemas von Zhang, Chen, Sun und Reid (2004) daher vor, das Lernen mit Computersimulationen auf verschiedene

Weise zu unterstützen: Vor der Interaktion mit der Simulation kann eine so genannte interpretative Unterstützung dem Lernenden helfen, notwendiges Wissen zu aktivieren und abzurufen, geeignete Hypothesen zu entwickeln und ein zusammenhängendes Verständnis zu gewinnen. Unterstützend wirken können in diesem Zusammenhang Arbeitsaufträge in Form kleiner Übungen oder ausgearbeitete Lösungsbeispiele. Während der Interaktion mit der Computersimulation kann sich die Unterstützung auf die logische Gestaltung von Experimenten, die Vorhersagen und Beobachtungen beziehen. Zweckmäßig sind ggf. permanent verfügbare Hintergrundinformationen oder eine gezielte Führung durch das Computerprogramm. Als hilfreich erweisen können sich außerdem Aufforderungen zur Abgabe von Begründungen, die die Lernenden zur Erklärung des Simulationsergebnisses abgeben müssen. Unterstützung zur Reflexion kommt vor allem nach der Interaktion mit der Computersimulation zum Einsatz und sollte zur Abstraktion und Integration der angestellten Beobachtungen anregen. Hilfreich für die Lernenden können außerdem differenzierte Rückmeldungen sowie Aufforderungen zur Betrachtung der Ergebnisse und der eigenen Vorgehensweise sein.

Gerade auch beim Lernen mit Simulationen im technischen Bereich sind Lernende auf Unterstützung angewiesen. Trotz der üblicherweise bei didaktischen Lernsystemen bereits berücksichtigten Komplexitätsreduzierung sind die Nutzer einer Simulation mit der Bedeutung und den Eigenschaften der einzelnen Elemente und Teilsysteme vertraut zu machen. Sollen beispielsweise Änderungen eines Schaltkreises innerhalb einer virtuellen Lernumgebung simuliert werden, müssen die Funktionen der einzelnen Elemente bekannt sein. Zudem sollten sich die Anwender der didaktischen Reduktion des Systems bewusst sein, damit eine unangemessene Hypothesenbildung verhindert wird. Simulationen sind daher in einen Lernkontext zu integrieren, der den fachlichen Grundlagen des simulierten Prozesses ebenso Beachtung schenkt, wie der Handhabung der Simulationsumgebung. Zweckmäßig ist dabei sowohl eine tutorielle Hilfestellung, als auch eine angemessene Unterstützung durch das Lehr- oder Trainingspersonal (vgl. Niegemann et al. 2008, S. 260ff.; Joyce, Weil & Calhoun 2010, S. 352f.). Einen Beitrag zur Reduzierung der Probleme beim Lernen mit Computersimulationen können in die Anwendung integrierte kognitive Werkzeuge, ein Angebot an instruktionalen Hilfen, Maßnahmen zur Strukturierung sowie der Einsatz geeigneter Lernstrategien leisten (Borgenheimer 2014, S. 31). Neben den Lernenden hat evtl. auch das Lehrpersonal mit Problemen zu kämpfen. Darauf weisen Untersuchungen zum Einsatz rechnergestützter Lehr-/Lernformen in Schule und Unterricht hin. So ist die Integration rechnergestützter Angebote in ein schlüssiges Unterrichtskonzept für viele mit einem erhöhten zeitlichen und organisatorischen Aufwand verbunden, der anscheinend einen breiteren Einsatz entsprechender Anwendungen behindert (s. Telekom Stiftung 2015). Dass darüber hinaus die meisten der im technischen Bildungsbereich angebotenen Simulationen der Vorbereitung beruflich nutzbarer Qualifikationen dienen, ist ein zusätzliches Problem. Selbst didaktisch aufbereitete Simulationen, etwa zur Analyse von CNC-Maschinen, erfordern ja nicht nur fachliches Wissen in Bezug auf das simulierte Verfahren, sondern auch Bedienungswissen bzw. Programmkompetenz in Bezug auf die eigentliche Anwendung.

Es überrascht daher wenig, wenn eine Auswertung von Studien zum Einsatz von Simulationen in Bildungskontexten – wie sie Tanja Mansfeld in ihrer Dissertation aus dem Jahr 2013 durchgeführt hat – zeigt, dass der Einsatz selbst im gewerblich-technischen Berufsbildungsbereich eher verhalten erfolgt. Aspekte, die gegen einen Einsatz der rechnergestützten Simulationen sprechen, sind Zeitgründe, mangelnde Motivation, fehlende technische Voraussetzungen oder auch unzulängliche Fähigkeiten des Lehrpersonals. Die Ergebnisse fügen sich in das von der IEA-Studie ICILS 2013 gezeichnete Bild, nachdem in keinem anderen der bei der Erhebung teilnehmenden Länder digitale Techniken und Medien von Lehrerinnen und Lehrern weniger im Schulalltag eingesetzt werden, als in Deutschland. Im Gegensatz zu Textverarbeitungs-, Präsentationsprogrammen oder computerbasierten Informationsquellen (z. B. Internetseiten, Wikis, Enzyklopädien) werden Simulations- und Modellierungsprogramme oder auch Kommunikationsprogramme kaum verwendet (Eickelmann u.a. 2014, S. 21ff.).

Ablauf: Die Verschiedenartigkeit technikbezogener Simulationen lässt die Anwendung eines einheitlichen Ablaufschemas für den unterrichtlichen Einsatz kaum zu. So besteht beispielsweise ein erheblicher Unterschied darin, ob die Simulation von den Lernenden selbst erstellt, also grafisch, algorithmisch oder stochastisch konzeptioniert werden soll, oder ob eine bereits vorhandene Simulation zum Einsatz kommt. Da der Simulation technischer Systeme in der Regel Planungs-, Konstruktions- oder sogar Fertigungsschritte vorausgehen müssen, unterliegt ihr Einsatz in diesen Fällen entsprechenden methodischen Ablaufschemata. Ähnliches gilt für die Simulation von Handlungsprozessen, die ebenfalls in andere Formate, wie Projektarbeit, Rollen- oder Planspielen integriert sein können.
Selbst bei bereits zu Lernzwecken gestalteten Simulationen oder simulativen Elementen sind bestimmte Schritte oder Merkmale zu beachten, wie sie etwa Tulodziecki (2011, S. 56f.) unter Berücksichtigung lerntheoretischer und didaktischer Auffassungen grundsätzlich für die Konzeption von Lernprozessen empfiehlt: Zu Beginn sollte eine bedeutsame Aufgabe mit angemessenem Komplexitätsgrad gestellt werden. Bei solchen Aufgaben kann es sich um Probleme, Gestaltungs- oder Beurteilungsaufgaben handeln. Lernende und Lehrende sollten sich durch gemeinsame Überlegungen über die Ziele und Vorgehensweisen bei der Lösung der Aufgabe verständigen. Anschließend sollten sich die Lernenden dann selbstständig und in Gruppenarbeit mit den Fragestellungen auseinandersetzen. Unterschiedliche Lösungswege und Ergebnisse sollten vorgestellt, diskutiert, zusammengefasst und eingeordnet werden. Danach soll das Gelernte angewendet und reflektiert werden.
Neben dieser allgemeinen Vorgehensweise bietet sich für die Planung und Gestaltung des Lernens mit Simulationen eine Abfolge an Phasen an, wie sie typischerweise für das modellbasierte Lernen konstatiert wird (vgl. Plass & Schwartz 2014, S. 733). Ausgangspunkte des Lernprozesses können die Beobachtung der realen Welt, die Definition eines Problems oder Fragen zu einem bestimmten Phänomen sein. Nach der Beschäftigung mit dem jeweiligen fachlichen Kontext und einer eventuell erforderlichen Einweisung in ein vorhandenes Programm sollten dann Hypothesen formuliert und Ziele geklärt werden, die mit der Simulation erreicht werden sollen. Die Durchführung der Simulation sollte weitgehend selbstständig ablaufen. Nach Beendigung der Simulation muss eine Reflexionsphase durchgeführt werden.
Konkret auf die Rolle des Lehr- oder Trainingspersonals bei der Durchführung einer Simulation gehen Joyce, Weil und Calhoun (2010, S. 354f.) in ihrem vierstufigen Ablaufschema ein: In der Orientierungsphase sollten Thema und Idee der Simulation präsentiert und erklärt werden. Die zweite Phase dient dem Training. Hier sollten die verschiedenen Rollen zugeordnet sowie Regeln, Vorgehensweisen, Punktesetzung, Ziele oder erforderliche Entscheidungen geklärt werden. Ebenfalls durchgeführt werden können in dieser Phase kurze Übungen für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. In der eigentlichen Simulationsphase fungieren die Lehrpersonen als Schiedsrichter und Coach. Sie beobachten die Spielaktivitäten, holen Feedback ein, klären Missverständnisse und greifen ggf. regulierend ein. In der Nachbesprechungsphase geht es darum, die Anwender bei der Reflexion ihrer Erfahrungen zu unterstützen. Ablauf und Ergebnisse sollten besprochen, mit der Realität verglichen und in Beziehung zu den Fach- oder Kursinhalten gesetzt werden. Eine Beurteilung der Simulation mit Vorschlägen zur Überarbeitung des Simulationskonzepts seitens der Teilnehmerinnen und Teilnehmer beenden diese Phase.

7.1.9 Werkbetrachtung, Werk- oder Produktanalyse

Charakteristik: In den nutzorientierten Artefakten sind das Können, Wissen und Wollen der am Entstehungsprozess Beteiligten vergegenständlicht (Ropohl 1988, S. 87). Dies gilt für die handwerkliche Einzelleistung genauso, wie für massenhaft produzierte Güter. Gegenstände wie Besteck, Geschirr, Möbel, Haushaltsgeräte, Werkzeuge oder auch Maschinen erlauben daher

bis zu einem gewissen Grad eine Analyse ihrer Entstehungs- und Verwendungszusammenhänge. Dazu müssen den Dingen durch das „Vordergründige“ hindurch ihre innewohnenden Geheimnisse oder Botschaften abgerungen werden. Entsprechende Methoden sind sowohl in der Werk- und Kunstpädagogik, als auch im technikdidaktischen Bereich beheimatet. Ob Werkbetrachtung, Werk- oder Produktanalyse – alle diese Methoden basieren auf der Annahme, dass sich der Blick hinter die Dinge inhaltlich als lohnend erweist und die „Lesbarkeit“ eines Objekts methodisch angelegt werden kann.

Je nach Zielrichtung lassen sich Artefakte und Sachsysteme etwa in Bezug auf Bedürfnisse oder Intentionen, Entstehungs- und Herstellungszusammenhänge oder in Bezug auf die mit ihnen verbundenen Verwendungskontexte untersuchen. Die Auseinandersetzung mit den Objekten kann helfen, das ästhetische Formempfinden zu fördern, das Materialbewusstsein zu schulen, ein reflektiertes Verbraucherverhalten anzubahnen oder Verständnis für historische Zusammenhänge aufzubauen. Die bewusste Auswahl eines bestimmten Aspekts hilft, den Analyseraum zu begrenzen. Der Fokus kann beispielsweise auf soziale, ergonomische, ökonomische, ökologische oder technologische Aspekte gerichtet werden. Dominiert dabei allein die Technik, spricht man auch von einer Objekt-, System- oder technischen Analyse. Da diese Methoden eng mit der Funktionsanalyse verwandt sind, sollen sie hier nicht weiter behandelt werden und der Leser auf die Erfindungs- oder Konstruktionsaufgabe verwiesen werden.

Ausgangspunkt für eine Analyse des Verwendungskontextes eines technischen Artefakts oder Sachsystems kann seine Funktion sein, mit der es sich mehr oder weniger reibungslos in den Alltag einfügt. Dafür, dass die Interaktion mit manchen Objekten oft fast unbewusst erfolgt, sind Eigenschaften verantwortlich, die auch als Qualitätsmerkmale bezeichnet werden können. Dazu zählen u.a. Gebrauchstauglichkeit, ergonomische Gestaltung oder leichte Bedienbarkeit. Sie wurden entweder ganz bewusst während der Planung und Entwicklung des Produktes als Anforderungen berücksichtigt oder sind das Ergebnis einer langen Evolution des Gebrauchs. Die Selbstverständlichkeit, mit der Objekte genutzt werden, zu untersuchen, kann sich im Rahmen technischer Bildung oder Verbraucherbildung als durchaus lohnend erweisen. Die Frage lautet dann, warum sich das Produkt so gut eingliedert, welche Merkmale dafür ausschlaggebend sind bzw. warum es genau so und nicht anders konstruiert wurde.

Darüber, dass Konsum- und Investitionsgüter auch jenseits des stummen Gebrauchsdialogs expressive Botschaften aussenden, wird man bei einer solchen Analyse nicht leicht hinwegsehen können. Denn Technik ist immer auch ein Statussymbol. Manche Objekte verkörpern Macht, Prestige oder gar Gewalt und offenbaren so immer etwas von der Persönlichkeit des jeweiligen Besitzers. „*Die Botschaft der Dinge ist eine Botschaft über die Menschen*“ (Kallinich 2003, S. 7). Doch während einige der Botschaften, die diese Produkte aussenden, offensichtlich sind, bleibt anderes dem nur flüchtigen Blick verborgen. Die Gestalt und der dadurch fixierte Gebrauchszweck können allerdings über den sozioökonomischen und soziotechnischen Hintergrund Aufschluss geben, also über den Stand der Kultur. Eine kulturelle Deutung der Objekte ist das Ziel technikhistorischer Analysen, die mit folgenden Fragen einher gehen kann: Welche Ursachen waren für die Evolution der technischen Artefakte und Sachsysteme ausschlaggebend, welche Bedürfnisse, Wünsche oder Probleme begleiteten die Entstehung, wie gestalteten sich die Lebens- und Arbeitsbedingungen der Menschen, die in den Lebenszyklus des Artefaktes involviert waren und welchem wissenschaftlichen oder technologischen Stand verdankt sich das Artefakt? Dass alle Interpretationen dem Vorbehalt der Zufälligkeit unterliegen – zumal, wenn die Analyse nur auf einem einzelnen Objekt gründet – ist bei einer solchen Analyse genauso zu beachten, wie die fokussierende Wirkung des gegenwartsbezogenen Vorverständnisses.

Anders als im Museum, in dem die Dinge durch ihre Lokalität, ihrer Präsentation im Rahmen eines museumspädagogischen Konzepts oder durch zusätzliche Beschreibungen ja bereits mit einer entsprechenden Botschaft in Szene gesetzt werden, gilt es in schulischen Lernprozessen,

die „geheimen Informationen“ durch geeignete methodische Schritte erst zugänglich zu machen. Damit der Betrachter in hermeneutischer Weise die Teile der Sache durch das Ganze oder das Ganze durch die Teile zu verstehen lernt, ist der Erkenntnisgang durch verschiedene Aspekte zu unterstützen. Dazu zählt etwa eine exemplarische Auswahl des Objektes, der Aufbau eines entsprechenden Vorwissens oder Hilfestellung bei der Interpretation von Objektdetails.
Näher an den Hintergrund der Dinge heranzutreten, bedeutet unter Umständen auch, näher an ein Objekt selbst heranzutreten, also „*hands on*“ zu arbeiten.

Ablauf: Am Anfang der Methode steht die Vorstellung des Analysegegenstandes. Bereits hier kann eine bestimmte Erkenntnisrichtung eingeschlagen werden, indem nämlich geklärt wird, zu welchem Ziel die Analyse führen soll. Geht es um eine ergonomische, ökonomische, technologische oder technikhistorische Analyse? Gegebenenfalls muss nun zuerst ein spezifisches Vorwissen aufgebaut werden, das für den weiteren Gang der Methode unentbehrlich ist. Eine Leitfrage, etwa zum Herstellungs- oder Verwendungskontext, kann der Anlass für Hypothesen durch die Lerner sein. Anschließend muss geklärt werden, wie sich die Hypothesen überprüfen lassen, bzw. welche Schritte am Objekt selbst oder darüber hinaus unternommen werden müssen, um die Vermutungen zu verifizieren oder falsifizieren.
Hilfreich für das weitere Vorgehen kann u.U. eine Einordnung des Gegenstandes in eine Systematik sein. Handelt es sich beispielsweise um Geräte (z.B. Werkzeuge, Vorrichtungen, Hausgeräte, Armaturen, Beschläge), Mobiliar (z.B. Hocker, Stühle, Tische, Aufbewahrungs- und Abstellmobiliar), Gebäude, Maschinen, Behälter, Gefäße, Gehäuse, Gegenstände mit Bewegungsfunktion (z.B. Briefwaage, Büchsenöffner, Zange) oder Gegenstände mit statischer Funktion (z.B. Tasse, Regal, Besteck). Für eine Annäherung an den Produktionsprozess und seine soziotechnischen Rahmenbedingungen können folgende Merkmale einer näheren Betrachtung unterzogen werden: Werkstoff, Produktcharakter, Produktform, Produktzweck, Produktvarianz, Technisierungsgrad oder der Grad der Arbeitsteilung bei der Herstellung.
Am Schluss der unterschiedlichen Betrachtungen steht ein Resümee in Bezug auf die Anfangshypothesen sowie evtl. eine Dokumentation der gesamten Analyse, bei der die Erkenntnisse verallgemeinert werden (vgl. Henseler & Höpken 1996, S. 93ff.).

7.2 Alternative Methoden zur Technikbewertung und Kreativitätsförderung

Die in diesem Kapitel skizzierten Methoden orientieren sich an Arbeits- und Forschungsmethoden sowohl der Technikwissenschaften als auch der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Obwohl sie teilweise bereits Eingang in technikdidaktische Diskurse und Veröffentlichungen gefunden haben (vgl. z.B. Scheffczik 2003, S. 192ff.; Lenz & Schlüter 2011), stehen sie mehr oder weniger im Schatten desjenigen Methodenrepertoires, das eng auf den technischen Fachunterricht bezogen ist. Zwei Methodenfamilien erscheinen für technische Bildungsprozesse von besonderem Interesse: Zum einen die Methoden der Technikbewertung und zum anderen solche Methoden, die im Vorfeld der Kreation von Technik zum Einsatz kommen.

Methoden der Technikbewertung im Rahmen technischer Bildung: Die Frage der Gewinnung von Rohstoffen mit umstrittenen Methoden, ethische Probleme beim Einsatz verschiedener Technologien, der ungebrochene Siegeszug der Automatisierung, Kosten-Nutzen-Analysen bei Kaufentscheidungen sowie die vielfältigen Chancen – es gibt viele Gründe, Technik aus ihrer technologischen Hülle herauszuschälen und Gestaltung, Nutzen und Folgen in Bezug auf Individuum und Gesellschaft zu reflektieren. Sich mit der Wertungsproblematik der Technik auseinanderzusetzen, sollte mit zu den wichtigen Zielen der Konzeption und Durchführung einer allgemeinbildenden technischen Bildung gehören (vgl. Gehring & Richter 2018, S. 33).

Eine bewusste Reflexion über Sinn und Nutzen der Technik setzt auf gesellschaftlich-politischer genauso wie auf der individuellen Ebene entsprechende Vorgehensweisen voraus, mit denen sich Werturteile einigermaßen systematisch erarbeiten lassen. Die Methoden der Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung haben diesbezüglich eine Modellfunktion für die technische Bildung.
Innerhalb der Technikdidaktik wird die Technikbewertung durchaus als wichtiger Inhaltsbereich (vgl. Traebert 1991) sowie als eigenständiger Teil des Methodenspektrums gewürdigt (vgl. Henseler & Höpken 1996). Auch die Durchsicht von Curricula, etwa zu den Lernbereichen Arbeit-Wirtschaft-Technik, zeigt, dass der Bewertung der Voraussetzungen, Folgen und Entwicklungen der Technik durchaus Raum eingeräumt wird. Mit Gehring und Richter (2018, S. 35) lässt sich jedoch feststellen, dass eine vom Standpunkt der Inhalte, Methoden und Kompetenzen der philosophischen Ethik her ausgearbeitete Fachdidaktik ein Desiderat darstellt.
Zudem dürfte die Analyse von Traebert aus dem Jahr 1991 weiterhin Gültigkeit besitzen, dass Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung im Unterricht generell zu kurz kommen (vgl. dazu auch Berken 2010, S. 12). Nur vereinzelt finden sich beispielsweise die in der VDI-Richtlinie „Technikbewertung“ (VDI 2000) aufgeführten typischen Methoden der Technikbewertung in der technikdidaktischen Literatur. Ein Grund dafür mag sein, dass viele der Methoden nicht eindeutig „nur“ technikaffin sind. Außerdem handelt es sich bei der Technikbewertung um eine komplexe Angelegenheit, die im Ergebnis schnell zu vereinfachenden, vorschnellen Resultaten oder zu Bagatellisierung und Verteufelung führen kann. Darüber hinaus scheinen die Anstöße der mit Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung befassten wissenschaftlichen Disziplinen in Richtung Technikdidaktik auch noch nicht allzu ausgeprägt sein, was daran liegen könnte, dass auch dort die Methodendiskussion noch wenig ausgeprägt ist (vgl. Jischa 2012, S. 72).

Methoden im Vorfeld der Kreation von Technik: Die Hervorbringung von Technik setzt strategisches Handeln voraus. Diesem Prinzip treu zu bleiben, wird auch dort versucht, wo man eigentlich ungeregelte Genialität, Intuition und Kreativität vermuten würde, nämlich in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Die Gründe hierfür sind in den ökonomischen Sachzwängen zu suchen. Im Wettlauf der entwickelten Volkswirtschaften gelten Innovationsfähigkeit und Kreativität als eindeutige Wettbewerbsvorteile. Es ist also kein Wunder, dass Unternehmen innovative Vorschläge mit Boni belohnen, Seminare zu Innovationsförderung und Kreativitätstechniken anbieten oder allenthalben den wandlungsfähigen, agilen oder eben kreativen Mitarbeiter fordern. Sieht man von den ursächlichen ökonomischen Zwängen ab, bietet der Blick auf die Gelingensbedingungen von Kreativität in Unternehmen auch Anhaltspunkte für Bildungsprozesse. Die hierfür relevanten Methoden oder Kreativitätstechniken haben es allerdings bisher nur vereinzelt in die schulbezogene Methodenliteratur geschafft.
Zwar sind noch nicht alle individuellen oder gesellschaftlichen Faktoren geklärt, die zur Kreativität und speziell zur technischen Kreativität beitragen, Erziehung und Unterricht vermögen aber durchaus einen Anteil beizusteuern (vgl. Feldman 1999). Eine Einschränkung, die es im Hinblick auf technische Kreativität und Innovationsfähigkeit in schulischen oder außerschulischen Bildungsformaten mit Kindern und Jugendlichen freilich zu beachten gilt, ist das unter Umständen nur unzureichend ausgebildete domänenspezifische Wissen.
Die für die Kreativität so notwendige Beweglichkeit des Denkens lässt sich aber auch an einfacheren technischen Problemstellungen und über geeignete Methoden anbahnen. Deshalb werden nachfolgend nun einige so genannte „Kreativitätstechniken“ vorgestellt.

7.2.1 Brainstorming/ Brainwriting

Charakterisierung: Brainstorming ist eine weit verbreitete Methode, um in einer begrenzten Zeit neue Ideen für gegebene Probleme oder Aufgabenstellungen zu finden. In seinen unterschiedlichen Ausprägungen (Schröder 2005) beruht die Methode auf den Grundprinzipien der Intuition und freien Assoziation. Die Ideensammlung soll in heterogenen Gruppen möglichst ungezwungen erfolgen. Das bedeutet, dass die vorgebrachten Ideen keinerlei Reglementierung unterliegen und zunächst nicht kommentiert werden sollten. Erwünscht ist, dass auch unkonventionelle Vorschläge und Ideen eingebracht werden, die dann erst später synergistisch weiterentwickelt werden. Die Methode lebt demnach von den Erfahrungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, von der Gruppendynamik und der freien Assoziation. Im technischen oder technikdidaktischen Kontext lässt sich das Brainstorming immer dann einsetzen, wenn Ursachen oder Lösungen für Probleme gefunden werden sollen etwa, wenn neuartige Technikkonzepte oder Konstruktionen erdacht, Produktlösungen entwickelt oder bis dato nicht bedachte Folgen aufgedeckt werden sollen (vgl. Grupp 1994, S. 69). In Abhängigkeit vom Kreativitätspotential der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie dem Geschick der moderierenden Person kann die Methode unterschiedlich lange dauern. Da das Wesen der Methode auf Spontanität gründet, sollte die Dauer einer Brainstorming-Sitzung 20 bis 40 Minuten möglichst nicht übersteigen. Zusätzliches Motivationspotenzial stellt sich ggf. dadurch ein, dass der Methode ein Wettbewerbsanstrich verpasst wird.
Beim Brainwriting oder Brainpainting erfolgt die Ideensammlung schriftlich über textuelle oder grafische Ideenskizzen. Diese Unterlagen können dann dazu verwendet werden, die Ideen und Entwürfe mit anderen Personen weiterzuentwickeln.

Phasenstruktur: Ablauf und Steuerung des Brainstormings erfordern eine Moderatorin bzw. einen Moderator. Zunächst wird das zu lösende Problem dargestellt. Daran schließt sich die Ideensammlung an. Die Vorschläge werden entweder an der Tafel, auf Kärtchen oder mittels geeigneter Apps festgehalten und anschließend geordnet, beurteilt und gegebenenfalls weiterentwickelt.
Auch beim Brainwriting oder Brainpainting erfolgt eine genaue Einweisung in das Problem. Für die Sammlung der Ideen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer lassen sich Arbeitsblätter einsetzen. Sie können beispielsweise dazu dienen, den Ideen eine bestimmte Richtung vorzugeben oder den Einzelnen in seinem Kreativitätsprozess zu unterstützen. Eine Möglichkeit ist zudem, bereits Lösungen vorzugeben und diese mit der Aufforderung zu verbinden, Elemente daraus zu kombinieren bzw. als Anregung für eigene Entwürfe zu verwenden (s. Abb. 7.8).

Abb. 7.8: Arbeitsblatt zur Unterstützung der Findung von Produktideen

7.2.2 Bionik

Charakteristik: Bionik ist vor allem ein Forschungsbereich und keine Methode an sich. Sie beschäftigt sich mit der Übertragung von Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien, Formen und Strukturen der Natur auf die Technik. Ziel ist es, von natürlichen Systemen auf technische Lösungs- und Konstruktionsprinzipien zu schließen. Ob der Bau von Behausungen, Fortbewegung, Stromerzeugung, Sensoren, Wasserentsalzung und vieles mehr – es gibt für viele menschliche Bedürfnisse und Probleme Lösungen, die sich in der Natur bereits bewährt haben. Diese natürlichen Lösungen haben zudem den Vorteil, dass sie ihre eigene Systemumgebung nicht grundlegend schädigen. Grund genug also die Natur zu analysieren, wie sie zu bestimmten Formen oder Strukturen gekommen ist, beziehungsweise welche Lösungen sie für verschiedene Probleme des Menschen anzubieten hat.
Zur Methode wird Bionik dann, wenn die Suche nach Vorbildern in der Natur systematisiert wird, etwa bei der Produktplanung oder -konstruktion. Auch bei der Technikbewertung kann die Bionik eine Rolle spielen, nämlich dann, wenn einer technischen Lösung eine vergleichbare Lösung der Natur gegenübergestellt wird. Unter Federführung von Janine Benyus der Mitbegründerin und Präsidentin des Biomimicry 3.8 Instituts wird eine Datenbank aufgebaut, die es erlaubt, Lösungen der Natur für verschiedene Probleme abzurufen (http://www.asknature.org).

7.2.3 Bürger-Konsensuskonferenz

Charakteristik: Mit der Frage, wie die „*Gewalt technischer Verfügung in den Konsensus handelnder und verhandelnder Bürger zurückgeholt werden kann*“ hat sich bereits Jürgen Haber-

mas (1969, S. 117f.) in seiner Schrift Technik und Wissenschaft als Ideologie auseinandergesetzt. Die Menschengattung – so sein Resümee – hat sich mit den ungeplanten soziokulturellen Folgen des technischen Fortschritts selbst herausgefordert, ihr soziales Schicksal nicht nur heraufzubeschwören, sondern auch beherrschen zu lernen. Dabei könne der Herausforderung allein durch Technik nicht begegnet werden. Vielmehr sei es notwendig, eine politisch wirksame Diskussion in Gang zu bringen, „*die das gesellschaftliche Potential an technischem Wissen und Können zu unserem praktischen Wissen und Wollen rational verbindlich in Beziehung setzt*“ (ebd. S. 118). Eine solche Diskussion dürfe nicht allein den Spezialisten vorbehalten sein, sondern müsse eine allgemeine sein.

Eine Möglichkeit, wie ein dementsprechender Diskurs angestoßen werden kann, bietet die so genannte Konsensuskonferenz. Es handelt sich dabei um eine Maßnahme zur partizipativen Technikfolgenabschätzung die maßgeblich von der dänischen Behörde für Technikfolgenabschätzung entwickelt wurde. Ziel der Methode ist es, einen Meinungsbildungsprozess anzustoßen, der im Ergebnis zu einem richtungsbestimmenden Gutachten führt. Dieses wiederum soll dann die Grundlage für politische Entscheidungen bilden. Den Kern der Methode bildet der argumentative Austausch zwischen Experten und Laien (Bürgern) über eine umstrittene Technik und ihre Folgen. Am Beginn eines solchen Verfahrens steht gewöhnlich die Auswahl unabhängiger Laien, entweder über eine zufällige Auswahl aus den Melderegistern oder über gezielte Zeitungsanzeigen. Aus den Rückmeldungen werden dann diejenigen Personen ausgewählt, die in Bezug auf Alter, Geschlecht, Familien- und Bildungsstand und im Hinblick auf ihre Grundeinstellung zur Technik ein möglichst gutes Spiegelbild der Gesellschaft ergeben. Vertreter von Interessengruppen sollten nicht unter den ausgewählten Personen sein. In Vorabterminen können die Teilnehmerinnen und Teilnehmer hinsichtlich des zu behandelnden Themas informiert werden. Hier haben die ausgewählten Personen auch die Möglichkeit, Fragen für Fachleute zu formulieren, die diese dann bei der Konferenz beantworten sollen. Die eigentliche Konsensuskonferenz dauert gewöhnlich drei, manchmal auch vier Tage. Zuerst hören die Teilnehmenden nacheinander die Statements der eingeladenen Sachverständigen an. Sie werten die Antworten gemeinsam aus und stellen Zusatzfragen an die Sachverständigen in einem zweiten Treffen. Nach Abschluss dieser zweiten Sachverständigenrunde, die wie die erste öffentlich sein sollte, geht es um die Formulierung eines Schlussdokuments mit Stellungnahmen. Angestrebt wird ein Konsens aller Beteiligten. Mehrheits- und Minderheitsvoten sollen die Ausnahme bleiben.

Die erste nach diesem Modell durchgeführte Konsensuskonferenz in Deutschland war die „Bürgerkonferenz Streitfall Gendiagnostik“ im November 2001, die vom Deutschen Hygiene Museum Dresden organisiert wurde.

In Schulen dürfte die auch als Bürgerkonferenz bezeichnete Methode bisher kaum Eingang gefunden haben, dabei verspricht das Verfahren Erträge in verschiedener Hinsicht. Wie beim Einsatz im öffentlichen Raum, kann die Methode im Rahmen technischer Bildung einen Beitrag zur Bewertung von Technologien bzw. zur Definition von Anforderungskategorien für ihre Genese leisten. Durch den Austausch mit Experten besteht die Möglichkeit zum Aufbau von Sachwissen. Diskurs und Abstimmungsprozesse wiederum könnten der Förderung von Entscheidungs- und Sozialkompetenz dienen.

Dass die Erkenntnisgewinnung hier teilweise über eine Diffusion des Expertenwissens in das der „Laien“ erfolgt, bedeutet für den schulischen Einsatz einen Organisationsaufwand, der sich jedoch evtl. durch eine Mitwirkung von kundigen Eltern, Lehrern oder auch Schülern reduzieren lässt. Die Methode lebt von der Vorbereitung der Beteiligten. Sie sollen sich Fragen ausdenken, die den Experten im Vorfeld oder während der Konferenz zur Beantwortung vorgelegt werden. Das setzt evtl. instruktive Einheiten bzw. einzelne thematisch gebündelte Lehrgänge voraus, mittels derer sich die Schülerinnen und Schüler des Problemhorizonts bemächtigen. Unterstützt werden können solche Vorbereitungsrunden durch Moderationstechniken. Die ei-

gentliche Konferenz stellt dann einen Wechsel zwischen Referaten, Statements und Fragerunden dar. Im Anschluss daran sind die „Laien“ dann gehalten, zu einer einheitlichen Meinung zu kommen. Auch hier kann der Prozess wieder durch Moderationstechniken unterstützt werden.

7.2.4 Produktprüfung und Benutzertest

Charakteristik: Bei so manchem Produkt, das heute in den Handel gelangt, fehlt anscheinend von vorneherein der feste Vorsatz, dass es seinen Nutzen auch tatsächlich dauerhaft, effektiv oder sicher unter Beweis stellen soll. Zu diesem Eindruck kann man gelangen, wenn man sich beispielsweise die ständig aktualisierten Berichte des *Rapid Exchange of Information System* der Europäischen Union (kurz RAPEX) zum Verbraucherschutz anschaut. Mit diesem Schnellwarnsystem werden Erkenntnisse aus den Mitgliedsstaaten über bestimmte gefährliche oder potentiell gefährliche Verbrauchsgüter ausgetauscht. Manche der dort dokumentierten Sicherheitsrisiken hätten möglicherweise vermieden werden können, wären im Entwicklungsprozess ausreichende Produktprüfungen durchgeführt worden. Doch nicht nur Sicherheitsaspekte, sondern auch die angestrebte Wirkung eines Produkts, das Verhältnis von Aufwand und Nutzen, die Zufriedenheit des Nutzers oder die Bedienbarkeit („Usability“) kann über Produktprüfungen untersucht werden.

Eine Methode der Produktprüfung ist der Benutzertest. Dabei führt eine vorher festgelegte Anzahl an Nutzern verschiedene Aufgaben mit einem Produkt durch. Aus technikwissenschaftlicher Sicht unterscheidet sich der Test vom Experiment dadurch, dass hier keine Generalisierbarkeit im Sinne einer Theorie angestrebt wird, sondern allein die Erfüllung einer bestimmten Funktion bewiesen werden soll (vgl. Kornwachs 2015, S. 74f.). Angewendet werden Benutzertests etwa zur Optimierung von Produkten während der Entwicklungsphase oder auch im Rahmen von Produkt-Vergleichsstudien von Verbraucherschutz-Organisationen.

Die Grundlage für die Planung und Durchführung eines Benutzertests bildet eine Analyse des Nutzungskontextes. Dieser muss verstanden werden, um Testaufgaben so zu gestalten, dass sie der realen Nutzung des Produktes entsprechen. Des Weiteren ist das Ziel des Tests genau zu spezifizieren (Adler et al. 2010, S. 56). Für die Erhebung der Daten können verschiedene empirische Methoden eingesetzt werden (vgl. Jordan 1998, S. 51ff.; Stanton & Young 1998, S. 21ff.): Dazu zählen Feldbeobachtung, Videoaufzeichnung, lautes Denken, Interview bzw. Befragung, Experiment, Nutzungstagebuch, Eingabeprotokoll (Logfiles), Aufmerksamkeitsanalyse (Eye-Tracking), Messung (Zeit- und Fehlerdaten) oder teilnehmende Beobachtung mit anschließender Benutzerbefragung.

Fragen können sich beispielsweise auf Bedienung, Lernbarkeit, Steuerbarkeit, Größe und Form, Übersichtlichkeit, Kraftaufwand, Lautstärke, Erreichbarkeit oder Zugänglichkeit beziehen. Die Wahl von Testumgebung und Methode ist vom Produkt selbst, von der Häufigkeit, mit der es benutzt werden soll, von Zeit und Aufwand sowie weiteren Aspekten abhängig.

Im schulischen Bereich wird zwar – wie etwa im bayerischen Lehrplan für das Fach Arbeit-Wirtschaft-Technik – die Durchführung von Produkttests angeregt, eine tiefere didaktische Auseinandersetzung ist bisher in der Literatur jedoch nicht auszumachen. Dabei kann der Benutzertest im Rahmen technischer Bildung durchaus selbst zur Methode werden.

Denkbar sind Benutzertests beispielsweise im Rahmen von Konstruktionsaufgaben, etwa wenn es gilt, ein vorhandenes Produkt oder einen Prototyp zu verbessern. Die Technikbewertung ist ein weiteres Einsatzfeld für Benutzertests. Das Verfahren kann zur funktionalen Klärung eines technischen Systems ebenso beitragen wie zur Klärung der Frage, ob und inwiefern die für die Planung und Konstruktion des Produkts relevanten Anforderungen angemessen in Produkteigenschaften umgesetzt wurden.

Die Planung, Durchführung und Auswertung eines solchen Produkttests setzt auf ein wissen-

schaftlich-distanziertes Verhältnis zum Produkt, seinen Eigenschaften und seinem Funktionsvorrat. Wenngleich die Methode viel Raum für Kreativität vermuten lässt und handlungsorientiertes und entdeckendes Lernen fördert, dürfte auch hier die empirische Erkenntnisgewinnung nicht ohne Hilfe des Lehrpersonals auskommen. Erforderlich ist beispielsweise der Ausschluss potenzieller Sicherheitsrisiken, eine Reduzierung der Anzahl der zu untersuchenden Kriterien oder Eigenschaften und Unterstützung bei Planung, Durchführung und Bewertung des Tests.

Ablauf: Adler et al. (2010, S. 56) schlagen in Anlehnung an Rubin (1994) für einen Benutzertest sechs Schritte vor. Voraussetzung für den Ablauf ist eine genaue Spezifizierung des Nutzungskontextes eines Produktes sowie eine Festlegung der Ziele der beabsichtigten Prüfung. Danach sollte der Test folgende Phasen durchlaufen: Erstellung eines Testplans, Auswahl von Probanden, Vorbereitung der Testumgebung, Durchführung der Prüfung, Nachbesprechung und Auswertung der Ergebnisse.

Tab. 7.6: Ablauf eines Benutzungstests (Adler et al. 2010, S. 56 ff.)

Phase	Funktion	Aspekte für die Durchführung
Testplan	Erstellung einer Verfahrensanweisung für die Durchführung eines konkreten Benutzertests mit folgenden Punkten:	• Ziel des Benutzertests • Benutzerprofile • Spezifikation der zu verwendenden Methoden • Aufgabenliste • Kriterienliste • Beschreibung der Testumgebung und Ausrüstung • Zeitplan
Auswahl der Probanden	Repräsentative Auswahl der Benutzer gemäß der Analyse des Nutzungskontextes. Die Anzahl ist von folgenden Faktoren abhängig:	• Anzahl unterschiedlicher Benutzergruppen • Komplexität des Produktes • Verfügbarkeit potentieller Probanden • Sicherheitsrelevanz
Vorbereitung der Testumgebung	Überprüfung und Vorbereitung der Testumgebung für die Durchführung eines störungsfreien Tests nach folgenden Kriterien:	• Ablenkungen ausgeschlossen • Produkt auf Werkeinstellungen zurückgesetzt • Peripheriegeräte und Verbrauchsmaterialien in ausreichender Menge vorhanden
Durchführung des Benutzertests	Jeder Proband führt den Benutzertest separat durch, dabei sind folgende Unterpunkte zu berücksichtigen:	Einführung der Probanden Beteiligte vorstellen und Grund des Tests erläutern. Information über Versuchsumstände. Hinweis, dass das Produkt und nicht der Proband getestet wird. Erhebung von Hintergrundinformationen Erhebung von Daten für die spätere Auswertung, wie Alter, Geschlecht, Händigkeit usw. Einführung der Probanden in das Produkt Zeit einräumen, damit sich der Proband auf seine Weise mit dem Produkt und noch losgelöst von Aufgaben vertraut machen kann. Bearbeitung von Aufgaben und Datenerhebung Der Prüfer legt dem Probanden die im Testplan aufgeführten Aufgaben zur Bearbeitung vor. Nachbesprechung Überprüfung der Bewertungen und Bemerkungen um sicherzustellen, dass der Prüfer den Probanden richtig verstanden hat. Auswertung des Benutzertests Die Aufarbeitung der Daten hängt von den Prüfzielen und der Art der erhobenen Daten ab.

7.2.5 Checklisten

Charakteristik: Eine Checkliste ist allein für sich genommen natürlich noch keine Methode, die Arbeit mit ihr dagegen schon. Checklisten bestehen in der Regel aus geschlossenen Fragen mit nur wenigen Auswahlmöglichkeiten. Die Funktion einer Checkliste ist es, durch die Vorgabe bestimmter Kriterien, ein standardisiertes Verfahren für die Prüfung oder Bewertung von technischen Artefakten, Systemen oder auch technischen Dienstleistungen zu gewährleisten. Im Rahmen technischer Bildung ist die Erstellung von eigenen Checklisten – etwa im Vorfeld einer Produkt- oder Dienstleistungsprüfung – genauso denkbar, wie die Arbeit mit bereits ausformulierten Exemplaren.

Der Vorteil beim Einsatz vorhandener Checklisten ist, dass hier bereits expliziertes und kategorial geordnetes Wissen abgerufen werden kann. Die Suche nach Kriterien, Eigenschaften oder Aspekten innerhalb eines bestimmten Wissensbereichs wird damit überflüssig oder zumindest abgekürzt. Technische Planungs-, Konstruktions- oder Bewertungsaufgaben bei denen es um die Identifikation, Analyse, Findung, Komplettierung oder Bewertung von Teilschritten, Elementen oder ihren Wechselbeziehungen geht, können damit effizienter ablaufen. Anwendung finden solche Listen etwa bei der Anforderungsermittlung im Rahmen einer Konstruktionsaufgabe, bei der Qualitätssicherung oder -überprüfung innerhalb von Produktionsprozessen oder bei Auswahl und Bewertung technischer Systeme oder Artefakte im Rahmen von Investitions- oder Kaufentscheidungen.

Checklisten eignen sich natürlich auch für die Bewertung von Technik. Verbraucher können sich beispielsweise im Vorfeld einer Kaufentscheidung an den Checklisten von Testzeitschriften oder Verbrauchereinrichtungen orientieren. Auch für die Beurteilung technischer Großprojekte können vorgefertigte Checklisten herangezogen werden. Grupp (1994, S. 78) stellt vier Checklisten vor, die am Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung eingesetzt werden. Zwei davon sind nachfolgend abgebildet (Tab. 7.7 und 7.8). Das erste Raster dient der Bewertung möglicher Auswirkungen eines Technikeinsatzes auf den Menschen, das zweite Raster der Bewertung möglicher Wirkungen auf die Umwelt.

Um eine unreflektierte Rezeption und Anwendung der Checklisten zu vermeiden, ist Hintergrundwissen über die einzelnen Kategorien erforderlich. Für unterrichtliche Zwecke ist daher nicht nur die Anwendung vorhandener Checklisten interessant, sondern ggf. auch ihre Erstellung durch die Schülerinnen und Schüler. Dabei müssen Informationen erhoben, ausgewählt und kategorial geordnet werden.

Für die Gestaltung der Checklisten sind ebenfalls einige Aspekte zu beachten. Adler et al. (2010, S. 53) empfehlen beispielsweise, bei der Konzeption von Checklisten zur ergonomischen Prüfung Feststellungen und Fragen immer positiv zu formulieren, um Fehlinterpretationen durch doppelte Verneinungen zu vermeiden. Zudem sollten Fragen immer eindeutig beantwortet werden können, d. h. unterschiedliche Sachverhalte sollten nicht in einer Frage zusammengefasst werden. Auch die Anordnung von Antwortkategorien sollte innerhalb der Checkliste konsistent sein (z. B. „ja“ immer links von „nein“), um Fehler bei der Eingabe und bei der Auswertung zu vermeiden.

Tab. 7.7: Raster für mögliche Wirkungen des Technikeinsatzes auf den Menschen (Grupp 1994, S. 81)

Raster für mögliche Wirkungen des Technikeinsatzes für den Menschen (in der Bundesrepublik) auf			
		+	-
A	Lebenserwartung	steigt	fällt
B	Gesundheit	verbessert	verschlechtert
C	Intimsphäre	geschätzter	weniger geschätzt
D	Individueller Freizeitzeitraum	vergrößert	verkleinert
E	Sicherheit am Arbeitsplatz	steigt	fällt
F	Verkehrssicherheit	steigt	fällt
G	Sicherheit vor Katastrophen	steigt	fällt
H	Beschäftigung und Arbeitsbedingungen	verbessert	verschlechtert
I	Wissen und Bildung	verbessert	verschlechtert
K	Soziales und ethisches Verhalten, gesellschaftlicher Konsens	gefestigt	gefährdet
L	Verfassung und Rechtssystem	gefestigt	gefährdet
M	Erhaltung der Flexibilität künftiger Generationen	gewährleistet	eingeschränkt

Tab. 7.8: Raster für mögliche Wirkungen des Technikeinsatzes auf die Umwelt (Grupp 1994, S. 81)

Raster für mögliche Wirkungen des Technikeinsatzes für die Umwelt (in der Bundesrepublik) auf			
		+	-
A	Boden	geschützt	gefährdet
B	Land	geschützt	gefährdet
C	Tektonische und geomorphologische Aspekte der Erdoberfläche	geschützt	gefährdet
D	Ökosysteme einschließlich Pflanzen, Wälder, Tiere	geschützt	gefährdet
E	Bauten, Bau- und Naturdenkmäler	geschützt	gefährdet
F	Luft einschließlich Strahlen und Lärm	geschützt	gefährdet
G	Wasser (Regen-, Grund-, Fluss-, See-, Meer-, Trinkwasser)	geschützt	gefährdet

7.2.6 Delphi-Expertenumfrage

Charakteristik: Bei einer Delphi-Umfrage handelt es sich gewöhnlich um ein mehrstufiges Verfahren, bei dem Experten – die untereinander möglichst keinen Kontakt haben – anonym befragt werden. Ganz bewusst wird hier auf Experten gesetzt und nicht auf die breite Öffentlichkeit. Die Experten müssen aber nach einheitlichen Kriterien ausgewählt werden. Das soll sicherstellen, dass die Personen über hinreichend Wissen und Know-how verfügen, um die Fragen kompetent beantworten zu können (Renn 2012, S.243).
Eingesetzt wird diese Methode in der Regel, um Prognosen in Bezug auf Trends, technische Entwicklungen oder technikinduzierte Ereignisse und Prozesse zu erhalten. Entsprechende Fragen können sich beispielsweise auf die Einschätzung von Marktpotentialen technischer Produkte beziehen oder Prognosen zu technischen Entwicklungen oder Großprojekten in den Blick nehmen.
Mit einem gewissen zeitlichen Abstand wird den Experten in einer zweiten Befragungsrunde der gleiche Fragenkatalog noch einmal vorgelegt. Dadurch haben die Fachleute die Gelegenheit, ihre Einschätzungen zu überdenken. Das erlaubt, den „Mainstream“ und die Homogenität der Meinungen herauszuarbeiten und lässt Aussagen über den Konsens bei den Experten zu.

Wie bei allen fragebasierten Erhebungstechniken stellen die sorgfältige Auswahl und Formulierung der Items wichtige Qualitätskriterien dar, weil sie den Denkraum bereits vorstrukturieren.
Mit der Expertenbefragung gibt es ein in der didaktischen Literatur reflektiertes methodisches Pendant für den Einsatz an Schulen. Aufgrund der mehrmaligen Befragung verschiedener Experten lässt sich die Delphi-Methode nicht so einfach auf schulische Verhältnisse übertragen. Abhilfe kann auch hier die Integration von fachlich versierten Lehrkräften, Eltern sowie anderen, der Schule gewogenen Personen schaffen. Neben der bloßen Informationsgewinnung bietet die Methode den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, in der Konfrontation mit fremden Meinungen ihre eigene Sichtweise auszubilden. Die Auseinandersetzung mit divergenten Positionen kann ggf. dazu führen, dass Denkbarrieren geebnet oder neue Perspektiven eröffnet werden.
Der Qualität des Expertenwissens, das sich in der Regel durch Spezialisierung und Fachsprache manifestiert, muss bei der Gestaltung des Lernprozesses Rechnung getragen werden. Besonders am Anfang der Methode wird die Lehrkraft daher Hilfestellung anbieten müssen, um bei Schülerinnen und Schülern Vorwissen aufzubauen. Im Verlauf der Methode sind dann vor allem Moderationstechniken gefragt, mit denen die Arbeit der Beteiligten bei der Sammlung, Aufbereitung und Auswertung der eingegangenen Antworten, unterstützt wird (vgl. Klenk 2001, S. 90f.).

Ablauf: Am Beginn der Methode steht die Formulierung von Fragen, die auf ein bestimmtes Thema – etwa einer Produktidee, einer bestimmten Technologie oder Innovation – zielen. Hierfür müssen Informationen gesammelt, ausgewertet und gebündelt werden. Das Ergebnis dieser Phase ist ein Fragebogen, der anschließend solchen Experten zugeleitet werden sollte, die dem gewählten Thema fachlich nahestehen. Internetgestützte Tools können den Austausch mit den Experten erleichtern. In einem nächsten Schritt geht es darum, die eingegangenen Antworten inhaltlich zusammenzufassen und möglichst neutral auszuwerten. Aus dieser Arbeit kann dann ein zweiter Fragebogen resultieren, der den Experten erneut zugeleitet wird. Die Antworten sind wiederum auszuwerten und aufzubereiten.

7.2.7 Trendextrapolation und historische Analogiebildung

Charakteristik: Bei der Trendextrapolation handelt es sich um ein quantitatives Prognoseverfahren, bei dem eine andauernde zeitliche Entwicklung („Trend“), die eine mathematisch definierbare Gesetzmäßigkeit bzw. formale Regelhaftigkeit aufweist, unter Beibehaltung der Regelhaftigkeit in die Zukunft extrapoliert („hochgerechnet“) wird. Die Abfolge vergangener Sachverhalte wird einfach in die Zukunft verlegt. Es ist also keine richtige Prognose, weil angenommen wird, dass alles so weitergeht wie bisher. Anwendung finden Trendextrapolationen beispielsweise bei Energiebedarfsplanungen oder bei Verkehrsplanungsvorhaben.
Eine besondere Form der Trendextrapolation ist das S-Kurven-Modell zur Vorhersage von Technologielebenszyklen (vgl. Bullinger 1994, S. 124). Es basiert darauf, dass eine einmal durchlaufene Technikentwicklung dokumentiert und darauf aufbauend ein voraussichtlicher Entwicklungsverlauf der Folgetechnologie prognostiziert wird. Wenn man für eine bestehende Technologie Zeit oder Aufwand in Beziehung zum Reifegrad oder zur Leistung der Technologie setzt, lassen sich allgemein verschiedene Phasen ausmachen. Zu Beginn eines jeden Technologiezyklus greift die Industrie die Ergebnisse wissenschaftlicher Vorarbeiten auf. Dann wird versucht, die Technologie zur Anwendungsreife zu bringen um sie anschließend kommerziell zu verwerten. Dabei zeigt sich, dass der Zeitaufwand für Forschung und Entwicklung innerhalb eines bestimmten Entwicklungsstandes unterschiedlich ist (s. Abb. 7.9). Es lassen sich Zeiträume geringer Technologiedynamik (Phase I / III) und Zeiträume hoher Technologiedynamik

(Phase II) unterscheiden. Das bedeutet, dass zu Beginn eines Technologiezyklus relativ viel Forschungsaufwand zu betreiben ist, um Zugewinne an Leistung und Reife zu verzeichnen. Raschere Zugewinne in der Leistung zeigen sich dagegen, wenn die Anfangsschwierigkeiten überwunden sind und die Technologie marktreif wird. Irgendwann kommt die Technologie dann an ihre Grenzen. Wieder ist viel Aufwand nötig, um noch Zugewinne in der Leistung zu erreichen.
Die Technologien der einzelnen Phasen werden als Schrittmacher, Schlüssel-, und Basistechnologie bezeichnet. Trägt man die jeweiligen Entwicklungsstände über die Zeit in ein Koordinatensystem und verbindet die Punkte, ergibt sich für den Verlauf einer technischen Entwicklung im Großen und Ganzen eine S-förmige Kurve (s. Abb. 7.9). In Fällen eines Technologiewechsels ist in diesem Modell dann ein „*breakthrough*“ zu der neuen Technologie hin und zu einer anderen S-Kurve modellierbar (Grunwald 2002, S. 221f.).

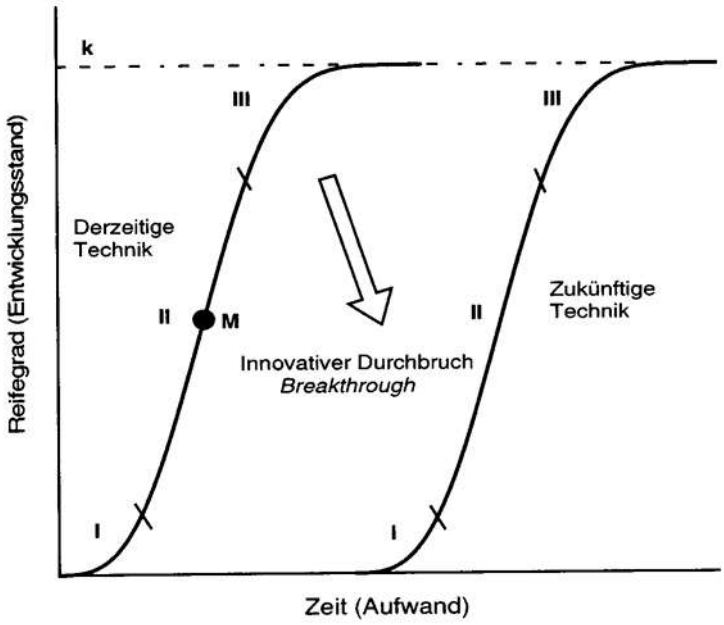

Abb. 7.9: S-Kurve in allgemeiner Darstellung (Grunwald & Langenbach 1999, S. 130 in Grunwald 2002, S. 221)

Ähnlich wie die Trendextrapolation wird bei der historischen Analogiebildung qualitativ oder quantitativ der Verlauf einer früheren Entwicklung auf den zu erwartenden Verlauf einer gegenwärtigen Entwicklung übertragen. Die Vergleichbarkeit beruht beispielsweise auf der Annahme, dass es sich bei der betrachteten Entwicklung entweder um die gleiche, zeitlich versetzte Erscheinung in einer anderen Region handelt oder um eine inhaltlich naheliegende Erscheinung in derselben Region.
Die Komplexität der Methode lässt einen Einsatz im Rahmen technischer Bildungsprozesse wohl nur in vereinfachter Form zu, etwa als Teil der Szenariomethode. Möglich ist beispielsweise eine Auswertung von zugänglichem statistischem Material zu Entwicklungszyklen einzelner Technologien oder Produkte sowie eine in die Zukunft gedachte Interpretation dieser Zahlen in Bezug auf ähnliche bzw. neue Technologien. Relevante Indikatoren für die Entwicklungsverläufe einzelner Technologien sind u.a. Verkaufszahlen, Umsätze, Lizenzen oder Patente.

7.2.8 Morphologische Klassifikation (Morphologischer Kasten)

Charakteristik: Ziel des so genannten Morphologischen Kastens ist es, aus der Kombination bereits vorhandener Elemente neue Lösungen zu schaffen. Im Gegensatz zu rein intuitiven Lösungen setzt die Methode darauf, zunächst alle Merkmale und Merkmalsausprägungen einer komplexen Systemklasse analytisch-systematisch aufzufächern, so dass anschließend alle denkbaren Systemtypen kombiniert werden können. Die Methode lässt sich sowohl deskriptiv, als auch antizipativ verwenden. Deskriptiv, wenn zum Beispiel die ganze Breite möglicher Systemtypen überschaubar gemacht werden soll. Antizipativ, wenn bislang unbekannte Systemtypen als Kombinationen bereits bekannter Elemente gebildet werden sollen (Grupp 1994, S. 70). Das Anwendungsfeld des Verfahrens ist nicht allein auf die Technik beschränkt. Ihren technischen Anstrich bekommt die Methode allein durch die Aufgabenstellung. Die Einsatzmöglichkeiten der Methode im Rahmen technischer Bildungsprozesse sind vielfältig. Bei einer Fertigungsaufgabe beispielsweise kann eine systematische Auffächerung möglicher Verfahren zur Klärung der konstruktiven Möglichkeiten und der dafür erforderlichen Fähigkeiten beitragen. Ein weiteres Anwendungsfeld ergibt sich bei der Bewertung von Technik. Hier kann die Methode dabei helfen, sich einen Überblick über technische Lösungen zu verschaffen, bestehende Lösungen zu analysieren und ggf. Alternativen zu erarbeiten. Bei der Produktplanung bzw. in den frühen Phasen einer Konstruktion unterstützt sie als Mittel zur „angeleiteten Kreativität“ das Finden innovativer Lösungen.
Die Funktionsweise beruht grundsätzlich darauf, dass es nach einer Phase eingehender Analyse und Systematik bestehender technischer Produkte, Merkmale, Anforderungen oder Lösungen zu einer Umorganisation oder Umorientierung bestehender Ordnungen kommt. Intentional liegt die Bedeutung der Methode also sowohl bei der Organisation deklarativen Wissens, als auch bei der Anregung kreativer Potenziale. Sie fördert die Durchdringung von technischen Aufgaben oder Problemen. Ihr Potenzial im Lernprozess wird sie allerdings nur dann ausspielen können, wenn ausreichend Vorwissen aufgebaut bzw. adäquate Lernhilfen bei der Analyse, Strukturierung und Kombination von Merkmalen bzw. Systemelementen und ihren Ausprägungen angeboten werden.
Nachfolgend ist ein Morphologischer Kasten als Grundlage für eine Projektinitiative dargestellt. In der Spalte der Teilfunktionen sind die Fertigkeiten aufgeführt, die erreicht werden sollen. In den Zeilen die möglichen Ausprägungsformen. Aufgabe hier könnte es sein, sich ein Werkstück zu überlegen, bei dem alle Verfahren zum Einsatz kommen, allerdings jeweils mit einer möglichen Lösungsform.

Tab. 7.9: Beispiel für einen Morphologischen Kasten im Rahmen der Projektinitiative zur Klärung des Fertigungsverfahrens für eine Haltevorrichtung

Fertigkeiten/ Verfahren	Lösungselemente			
	1	2	3	4
Treiben	Hohltreiben	Spanntreiben	Formtreiben	…
Bördeln	Einbördeln	Ausbördeln	…	…
Kleben	Mit Nietverbindung	Ohne Nietverbindung	…	…
Abwickeln	Zylinder	Kegel	Sechskantsäule	Würfel
Fertigung	Teil/ Person	Arbeitsschritt/ Person	…	…
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…

Ablauf: Das Ausgangsproblem (Betrachtungsgegenstand etc.) wird wie erwähnt zuerst in die wichtigsten Parameter, Merkmale, Attribute, Faktoren, Parameter oder Dimensionen zerlegt. Es kann sich zum Beispiel auch um eine Aufgabe oder eine Funktion handeln, die in Teilaufgaben oder Teilfunktionen zerlegt werden soll. Die Parameter werden zeilenweise untereinander aufgeführt. Die jeweiligen Ausprägungsmöglichkeiten, also zum Beispiel die Lösungsmöglichkeiten bei einer Teilaufgabe oder die Lösungselemente bei einer Teilfunktion werden dann jeweils rechts in den Zeilen angeordnet. Es entsteht eine Matrix, in der theoretisch jede Kombination von Ausprägungen der einzelnen Merkmale eine mögliche Lösung darstellt. In einem dritten Schritt können dann Lösungselemente zu einer neuen Lösung kombiniert werden (s. Abb. 7.10). Der Begriff Matrix hat sich etabliert, ist aber mathematisch gesehen nicht ganz zutreffend, weil die Anzahl der Ausprägungen nicht für alle Parameter gleich groß sein muss.

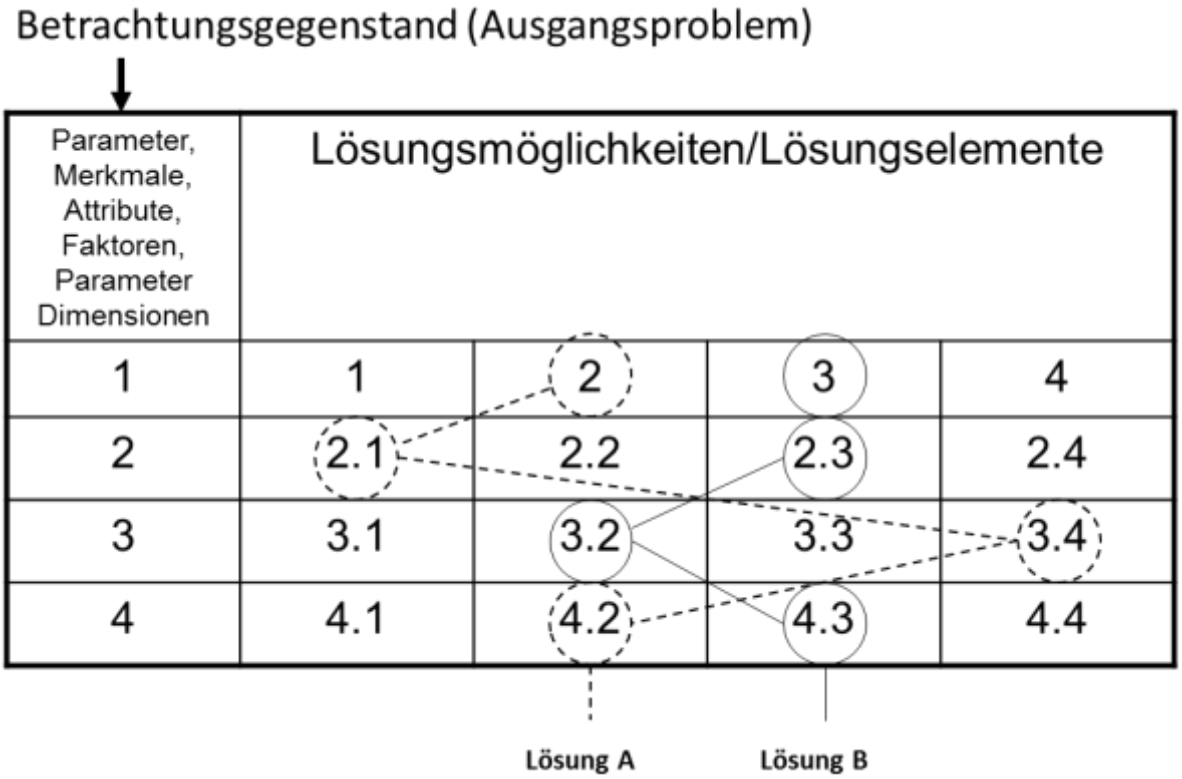

Abb. 7.10: Morphologische Klassifikation mit Lösungsoptionen

7.2.9 Wechselwirkungsanalyse

Charakteristik: Die Bewertung der Technik beziehungsweise einzelner Technologien setzt in der Regel eine systematische Erfassung, Beschreibung und Ordnung der Bedingungen, Gestaltungsfaktoren und Auswirkungen voraus. Wünschenswert ist dabei oftmals eine hierarchische Ordnung der betrachteten Faktoren, etwa um Abhängigkeiten oder drängende Handlungsfelder zu identifizieren. Genau hier setzt die Wechselwirkungsanalyse (auch Verflechtungsmatrix-Analyse oder Cross Impact Analyse) an. Es handelt sich dabei um eine quantitativ orientierte Methode zur Analyse von Wechselwirkungen und Beeinflussungsrichtung unterschiedlicher Faktoren.
Eine Rangfolge zwischen verschiedenen Systemvariablen zeichnet sich ja nicht immer eindeutig ab. Um trotzdem zu hierarchischen Abhängigkeiten zu gelangen, wird mittels der Methode versucht, die Wechselwirkungen heuristisch zu bestimmen. Dazu werden die Faktoren in Zeilen

und Spalten angeordnet und ihr gegenseitiger Einfluss eingeschätzt. Die grundsätzliche Frage lautet dabei jeweils: Wenn ich Variable A verändere, wie stark verändert sich Variable B, C usw.
Abbildung 7.11 zeigt eine Matrix aus dem Buch „Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von morgen“ von Frederic Vester aus dem Jahr 1990. Hier wird die Wirkung eines Satzes von Variablen untereinander untersucht. Der jeweilige Einfluss wird mit Zahlen von 0 bis 3 quantifiziert. Die Zahlen werden in die Matrix eingetragen und zwar ungeachtet dessen, ob es sich dabei um eine positive oder negative Wirkung handelt (0 = kein Zusammenhang, 1 = schwacher Zusammenhang, 2 = mittlerer Zusammenhang, 3 = starker Zusammenhang). Die wechselseitige Analyse aller Faktoren führt am Schluss zur Ermittlung von Aktivsummen am Ende der Zeilen und Passivsummen am Ende der Spalten. Die Aktivsummen der Faktoren erlauben Aufschluss darüber, welcher Faktor die anderen am meisten beeinflusst. Mittels der Passivsummen wiederum lassen sich die Faktoren identifizieren, die von anderen am meisten beeinflusst werden.

Wirkung von ↓ auf →

GESELLSCHAFT UND POLITIK		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Kritisches Verhalten der Bevölkerung	1		3	1	3	1		1	2		1	2	1	2
2 Umweltfreundliche Politik (Gesetze und Verordnungen)	2	2		2	2	1	2	2	3	2	1	1	2	2
3 Solider öffentlicher Haushalt	3	1	2			2		1		1		2	1	
4 Einfluß der Straßenverkehrslobby	4	2	3					1	2	2		3	1	
GESAMTWIRTSCHAFT		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
5 Gesunde Wirtschaftslage (nicht BSP!)	5	1	1	3			2	2		2	1	1	2	1
6 Verhältnis von Dienstleistungen zu materieller Produktion	6				1	2		1		1		2	1	1
7 Allgemeine Sicherheit	7	2				1	1			1	1	1	3	2
8 Zukunftsorientierte Denkweise von AI und Zulieferern	8	1	2		2	1	2	1		2		1	1	
9 Verkehrsdienstleistungen (Qualität und Angebot)	9	1	1		1	1	1	1				1	1	
MENSCH		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
10 Bevölkerungsentwicklung	10	1		1		1	2			1			2	
11 Ausbildung und Information der Bevölkerung	11	3	2		2	1	2	1	2		2		1	1
12 Lebensqualität	12	2	1		1	1	1	1			2	1		3
13 Gesundheit	13	3	1	1	1	2	1	1			1		3	4

Abb. 7.11: Beispiel einer Cross-Impact-Analyse (Vester 1990, S. 36)

Neben der Ermittlung der Abhängigkeiten untereinander, können auch Auswirkungen einer Gruppe von Systemfaktoren auf andere Systeme oder Faktoren untersucht werden. Dazu werden in die Zeilen der Beurteilungsmatrix die betrachteten Ursachen, Entwicklungen etc. und in die Spalten die möglichen Auswirkungen, Strategien etc. eingetragen. Anschließend ist wiederum einzuschätzen, welchen Einfluss die Faktoren paarweise aufeinander ausüben. Das kann qualitativ (z. B. starker, kein, schwacher Einfluss) oder quantitativ, also wieder über Zahlen erfolgen. Alternativ können in die Matrixfelder auch Wahrscheinlichkeitswerte eingesetzt werden.
Das Einsatzspektrum der Wechselwirkungsanalyse ist relativ breit. Sinnvoll ist sie beispielsweise auch als Bestandteil der Szenariomethode. Im Rahmen technischer Bildungsprozesse kann die Methode die mehrperspektivische Auseinandersetzung mit technischen Problemen unterstützen. Sie eröffnet die Einsicht in kausale, funktionale und intentionale Abhängigkeiten und Wechselwirkungen und weitet den Blick auf die externen Beziehungen technischer Systeme. Eine empirisch abgesicherte Analyse der Abhängigkeit unterschiedlicher Faktoren wird

sich aus verschiedenen Gründen im Unterricht verbieten, so dass die Methode dort eher von gemeinsam im Gespräch erarbeiteten Analysen lebt.

Ablauf: Vorbedingung für die Durchführung einer Wechselwirkungsanalyse ist die Definition unterschiedlicher, ein technikindiziertes Problem kennzeichnender Faktoren oder Aspekte. Die Findung und Klassifizierung dieser Faktoren kann durch die Bereitstellung geeigneter Informationen oder auch durch Verfahren wie Brainstorming unterstützt werden. Aus Gründen der Komplexitätsreduktion ist eine Beschränkung auf maximal 4-5 Faktoren sinnvoll. Diese werden dann in die Zeilen und Spalten der Matrix eingetragen. Die Wechselwirkungsanalyse der Faktoren kann in Gruppenarbeit oder auch im Unterrichtsgespräch erfolgen. Auch für quantitative Einschätzung der Wirkungen empfiehlt sich eine Beschränkung auf die bereits oben aufgezeigte Skalierung (0 = kein Zusammenhang, 1 = schwacher Zusammenhang, 2 = mittlerer Zusammenhang, 3 = starker Zusammenhang). Nach dem Zusammenzählen der Aktiv- und Passivsummen wird das Ergebnis interpretiert.

7.2.10 Nutzwert-Analyse

Charakteristik: Entscheidungen prägen den Alltag. Sie erfolgen in vielen Fällen spontan, ohne größeren gedanklichen Vorlauf und oftmals auch ohne die Notwendigkeit anschließender Rechtfertigung. Mit Blick auf mögliche Konsequenzen erscheint es jedoch geboten, nicht alle Entscheidungen aus dem Bauch heraus zu fällen. Eine Methode, um Entscheidungen planmäßig vorzubereiten, stellt die Nutzwert-Analyse dar. Sie wird auch als Scoring-Modell oder Punktebewertungsverfahren bezeichnet (Wildner 2007, S. 35). Wie die Bezeichnung Punktebewertungsverfahren ausdrückt, geht es darum, Entscheidungskriterien zu suchen, zu gewichten und anschließend den verschiedenen Entscheidungsalternativen mit dem Ziel zuzuordnen, die optimalste Lösung zu ermitteln.
Im Kern zielt die Methode auf eine Ermittlung des nicht-monetären (relativen) Nutzwertes verschiedener Handlungsalternativen. Dies setzt die Suche und Gewichtung von Entscheidungs- oder Bewertungskriterien bzw. Anforderungen voraus, die für die Auswahl von Alternativen generell von Bedeutung sind. Anschließend wird analysiert, in welchem Umfang das Bewertungskriterium oder die Anforderung durch die unterschiedlichen Systeme, Produkte, Produktmerkmale oder auch Personen berücksichtigt wird. Am Schluss führen die verschiedenen, auf einzelne Bewertungskriterien bezogenen Teilnutzwerte zu einem Gesamtnutzwert, der einen Vergleich der Handlungsalternativen zulässt (Grupp 1994, S. 77).
Eingesetzt werden kann das Scoring-Modell überall dort, wo ein komplexer Entscheidungsraum zu bewältigen ist, der nicht einfach über quantitative Faktoren eingegrenzt werden kann. Anwendungsmöglichkeiten ergeben sind etwa beim Abgleich von Kundenanforderungen mit Produktmerkmalen, bei der Entscheidung für oder gegen einen Unternehmensstandort, bei der Personalauswahl oder bei Investitionsentscheidungen. Damit wird die Nutzwert-Analyse auch für die technische Bildung interessant. So kann sie zum Beispiel innerhalb der Planungsphase eines Produktes bei der Gewichtung einzelner Merkmale zum Einsatz kommen. Auch im Vorfeld einer Kaufentscheidung für technische Produkte oder als Methode für die Bewertung technischer Lösungen im Rahmen politischer Entscheidungsprozesse erscheint die Anwendung der Methode sinnvoll.
Beachtet werden muss, dass die Entscheidungskriterien inhaltlich richtig und vollständig formuliert werden müssen, damit später eine Bewertung bei jeder Alternative möglich wird. Die Methode eignet sich daher beispielsweise nicht bei K.O.-Kriterien, also Eigenschaften, die eine Handlungsalternative gänzlich ausschließen. Zu beachten ist ferner, dass das Verfahren eine mathematische Logik nahelegt, die de facto gar nicht erreicht wird.

Wie bei anderen Verfahren, bei denen Merkmale, Kriterien oder Anforderungen gesucht und in Beziehung gesetzt werden, muss auch hier erst das Wissen um diese Aspekte aufgebaut werden. Dazu eignen sich etwa Dokumenten- oder Literaturanalysen sowie Befragungen. Eine spontane Sammlung von Kriterien ist mit anderen Kreativitätstechniken wie Brainstorming möglich. Während sich die Kriterien meist auf empirischem Weg finden lassen, bleiben die Einschätzungen zur Wertigkeit in der Regel subjektiv. Die Methode baut auf Mutmaßungen und Schlussfolgerungen und zeichnet sich damit durch einen heuristischen Charakter aus. Induktion, Deduktion, Analogieschlüsse und Generalisierungen spielen eine wichtige Rolle und bedürfen im schulischen Bereich wohl mitunter des Korrektivs durch eine kundige Lehrperson.

Ablauf: Die übliche Vorgehensweise in sechs Schritten wird am Beispiel zur Identifizierung eines geeigneten Softwareprodukts aufgezeigt (s. Abb. 7.12): Zuerst wird das Ziel der Nutzwertanalyse definiert (1). Im dargestellten Beispiel geht es um die Bewertung der Qualität eines Softwareproduktes im Vorfeld einer Investitionsentscheidung. Daher müssen Bewertungskriterien für die Software gefunden werden (2). Dabei kann die Auswertung von Verbrauchermagazinen, Internetforen oder auch Fachartikeln helfen. Kriterien könnten beispielsweise sein: Preis, Qualität, Service, Sicherheit, Bedienbarkeit oder ökologische Eigenschaften. Die Kriterien werden in der ersten Spalte zeilenweise untereinander angeordnet. Für die Bewertung der Software wurden folgende Kriterien ausgewählt: Aufgabenangemessenheit/Nützlichkeit der einzelnen Funktionen und Inhalte, Lernbarkeit, Rationalisierung/Zeitersparnis, Kooperationsmöglichkeit, Quantität der Informationen, Integrierbarkeit in Arbeitsabläufe und Gewohnheiten, Steuerbarkeit und Führung durch den Prozess, Qualitäts- und Effizienzsteigerung durch das Werkzeug. In Phase (3) erfolgt eine Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien mit Prozentwerten. Die Frage lautet hier: Wie wichtig ist dieses Kriterium generell für die Qualität des Produkts. Im Rahmen des Beispiels: Wie bedeutsam ist die Lernbarkeit in Bezug auf die Qualität der Software bzw. welcher Anteil in Prozent der Gesamt-Qualität sollte auf die Lernbarkeit entfallen? Die Prozentwerte werden neben die definierten Kriterien oder Anforderungen in die Zeilen eingetragen.
In nächsten Schritt geht es darum, Lösungs- bzw. Handlungsalternativen zu finden, also im vorliegenden Fall die Frage zu beantworten, welche Softwareprodukte bewertet werden sollen (4). Sie werden in die erste Zeile der anderen Spalten eingetragen. Anschließend werden die einzelnen Alternativen nach den zuvor aufgestellten Kriterien bewertet. (5). Dies setzt eine eingehende Beschäftigung mit den jeweiligen Produkten voraus. Das Maß der Kriterienerfüllung (z.B. 0 % = keine Erfüllung, 100 % = volle Erfüllung) wird in die Wertspalte eingetragen. Neben einer prozentualen Angabe der Kriterienerfüllung findet sich in der Literatur auch die Kategorisierung mit ABC oder die Vergabe von Punkten. Wie dargestellt, erfüllt Software A das Kriterium Lernbarkeit zu 80 Prozent. Die Gewichtungen für die Kriterien werden abschließend mit den Zielerreichungswerten multipliziert und in die Ergebnisspalte eingetragen (6). Im Beispiel: Lernbarkeit Produkt A: 0,08 x 80% = 6,4 %. Die Addition der Spalten der Entscheidungsmatrix ergibt die Rangfolge (7). Für die Softwarealternativen ergibt sich, dass Produkt C vor A und B am besten abschneidet.

1 → Nutzwertanalyse: Software

Kriterium	Gewicht	Produkt A Wert	Produkt A Ergebn	Produkt B Wert	Produkt B Ergebn	Produkt C Wert	Produkt C Ergebn
Aufgabenangemessenheit/ Nützlichkeit	20%	100%	20%	80%	16%	100%	20%
Lernbarkeit	8%	80%	6,4%	50%	4%	100%	8%
Rationalisierung/Zeitersparnis	8%	50%	4%	100%	8%	75%	6%
Kooperationsmöglichkeit	15%	100%	15%	60%	9%	100%	15%
Quantität der Informationen	15%	80%	12%	50%	7,5%	90%	13,5%
Integrierbarkeit in Arbeitsabläufe und Gewohnheiten	6%	70%	4,2%	100%	6%	50%	3%
Steuerbarkeit und Führung durch den Prozess	15%	100%	15%	70%	10,5%	100%	15%
Qualitäts- und Effizienzsteigerung	10%	50%	5%	100%	10%	90%	9%
Service	3%	100%	3%	100%	3%	50%	1,5%
	100%		**84,6%**		**74,0%**		**91,0%**

Abb. 7.12: Beispiel einer Nutzwertanalyse

Claudia Wildner (2007, S. 39) schlägt für die Anwendung der Methode in Schule und Unterricht eine leicht geänderte Schrittfolge vor: Nach der Bestimmung der Entscheidungskriterien sollte gleich die Bewertung der Lösungsalternativen innerhalb eines festgelegten Punkterahmens erfolgen. Erst danach würde dann die Gewichtung der Entscheidungskriterien kommen. Bei sonst gleichen Entscheidungskriterien und gleicher Punktezuordnung für die Lösungsalternativen würde den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise bewusst, dass persönliche Präferenzen für ihre Entscheidungen eine bedeutende Rolle spielen. Dieses Vorgehen trägt ihrer Meinung nach wesentlich zum Verständnis der Nutzwertanalyse bei.
Wird die Methode zur Identifizierung bestimmter Produktmerkmale im Rahmen der Produktentstehung eingesetzt, ergibt sich folgende Vorgehensweise: Nach der Zieldefinition sind grundsätzliche Anforderungen an das Produkt zu formulieren und in die erste Spalte einzutragen. Anschließend erfolgt eine Gewichtung der Anforderungen mit Prozentwerten. Die Frage lautet jeweils, wie wichtig die Anforderung generell für das Produkt ist. Die Werte werden neben den Anforderungen notiert. In die ersten Zeilen der anderen Spalten werden dann die beabsichtigten oder möglichen Produktmerkmale eingetragen. Dann muss eingeschätzt werden, inwiefern das Merkmal jeweils zur Erfüllung der Anforderung beiträgt. Das Maß für die Anforderungserfüllung wird in die Wertspalte eingetragen. Abschließend werden die Gewichtungen für die Anforderungen mit den Maßen für die Anforderungserfüllung multipliziert und die Ergebnisspalten dann aufaddiert. Auf diese Weise lassen sich die Produktmerkmale ermitteln, die ggf. entbehrlich sind.

8 Studie: Beeinflussung des technikbezogenen Selbstkonzepts durch simulative Medienelemente

Mit den in den Kapiteln 3-6 vorgestellten Schritten und Kriterien zur Auswahl und Begründung methodischer Entscheidungen in technischen Bildungsprozessen ist in gewisser Weise ein Arbeitsprogramm verbunden. Denn dort, wo die konzeptionellen Gestaltungsansätze oder theoretischen Reflexionen einen hypothesenprüfenden Zugang erlauben, sollten sie ihre Wirksamkeit auch empirisch unter Beweis stellen (vgl. Nickolaus 2018). Eingelöst wird dieser Anspruch hier anhand einer Untersuchung zu einer der artikulierten Forderungen an Methoden, nämlich Motivation und Selbstkonzept der Lernenden zu befördern. Konkret geht es um die Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen dem Einsatz simulativer Medienelemente und dem technikbezogenen Selbstkonzept.
Nach einer Darstellung der grundsätzlichen Fragestellung und disziplinären Verortung des Projekts werden Forschungsstand und Design der quantitativ und qualitativ angelegten Untersuchung dargestellt. An eine ausführliche Dokumentation der erzielten Ergebnisse schließt sich eine abschließende Ergebnis- und Methodenreflexion an.

8.1 Grundsätzliche Fragestellungen

Wie in anderen Bereichen, ist auch der Einsatz von Technologien im Bildungsbereich stets mit besonderen Erwartungen verknüpft. Sie können sich auf verschiedene Ebenen beziehen: Auf gesellschaftlicher Ebene nähren Bildungstechnologien beispielsweise die Hoffnung, den Zugang zu Bildungsressourcen zu erleichtern. Die Integration von Technologien in Bildungseinrichtungen oder Institutionen erfolgt dagegen oft in der Absicht, organisationelle Transformationsprozesse zu beschleunigen. Auf der Ebene von Lehr- oder Unterrichtsprozessen werden Bildungstechnologien unter anderem mit der Veränderung der Lehr- oder Lernkultur in Verbindung gebracht. Bezogen auf den Lernenden selbst, liegt der Fokus zumeist auf den kognitiven und motivationalen Chancen, die der Technologieeinsatz für die selbstgesteuerte Planung und Gestaltung von Lernaktivitäten bzw. für die Aneignung von Fachinhalten eröffnet.
Individuelle Lernprozesse beruhen auf den unterschiedlichsten körperlichen und sozialen Aktivitäten. Immer sind sie jedoch auf eine sinnlich wahrnehmbare Umwelt angewiesen. Technische Systeme und Medien sind ein selbstverständlicher Teil dieser Umwelt. Zumeist übernehmen sie die Funktion von Hilfsmitteln. Besonders digitale Medien gelten aufgrund ihrer spezifischen technologischen Möglichkeiten als vielversprechende Instrumente für die Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen. Multicodalität, Multimedialität, Adaptivität und Adaptierbarkeit sowie Dezentralisierung sind spezielle Eigenschaften digitaler Mediensysteme. In Verbindung mit den vielfältigen Kommunikations-, Kollaborations- und Interaktionsmöglichkeiten erlauben sie eine Überwindung körperlicher und räumlicher Begrenzungen.
Aktuell befördert besonders die Verknüpfung von Internet und Sensortechnik, die in Wirtschaft und Industrie gerade ihr Potenzial zu entfalten beginnt, die Phantasien im Bildungsbereich. Die MINT-Bildung scheint dabei ein natürliches Anwendungsfeld für digitale Technologien zu sein (vgl. Štuikys & Burbaitė 2018). Ob eine „*smart education*“ mit „*smart learning objects*“ oder „*smart learning environments*“ eines Tages das Lernen flächendeckend revolutionieren wird, lässt sich nicht vorhersagen. Dass Schule und Unterricht sich jedoch stärker als bisher den technologischen Veränderungen stellen müssen, liegt nicht erst seit der Corona-Krise auf der Hand (vgl. Albers, Magenheim & Meister 2011; Stöcklin 2012). Dabei reicht es nicht aus, bei digitalen Systemen nur auf die Hilfsmittelfunktion zu setzen. Mehr als bisher müssen sie auch als Lernobjekte betrachtet werden. Dass in digitalen Mediensystemen Medien- und Werkzeugfunktion, Mediennutzung und Medienproduktion miteinander verschmelzen, erweist sich gerade für Lehr- und Lernkontexte als günstige Eigenschaft (Keil-Slawik 2003, S. 19ff.;

Tulodziecki 2001, S. 57). Inwiefern der Einsatz digitaler Medien in Bildungsszenarien zielführend ist, muss freilich immer wieder aufs Neue überprüft werden. Anhaltspunkte für eine erste Analyse kann das SAMR-Modell liefern. Nach Ruben Puentedura, dem dieses Modell zugeschrieben wird, lässt sich der Mehrwert von Technologien daran messen, was sie jeweils im Hinblick auf Substitution, Erweiterung, Modifikation oder Transformation (engl.: *Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition*) von Aufgaben beitragen können.
Einer bestimmten Klasse digitaler Medien wird ein besonderes Potenzial sowohl für den individuellen Wissens- oder Kompetenzerwerb, als auch für die Motivationsförderung zugebilligt – den computergestützten Simulationen (s. dazu Abschnitt 7.1.8). Ihr Mehrwert wird unter anderem an Aspekten wie Anschaulichkeit, Förderung von Systemverständnis, Leistungsrückmeldungen und Erprobungsmöglichkeiten festgemacht (vgl. Mansfeld 2013, S.147 ff.). Neben diesen didaktischen Effekten ist es vor allem das breite Anwendungsfeld in Technikwissenschaft und Praxis, die Simulationen zu einem natürlichen Forschungsgegenstand für fach- bzw. technikdidaktische Untersuchungen machen.
Die besonderen Lern-, Erfahrungs- und Motivationsmöglichkeiten, die Simulationen im Rahmen technischer Bildungsprozesse zugebilligt werden, sind Ausgangspunkt für die hier dokumentierte Studie. Im Zentrum der Überlegungen stehen dabei nicht die mit Simulationen zu erreichenden Wissenszuwächse, sondern affektiv-motivationale Effekte.

Grundsätzliche Fragestellungen und Studiendesign: Ausgangspunkt dieser Studie ist die Annahme, dass der Einsatz simulativer Medienelemente Effekte zeitigt, die auf überdauernde technikbezogene Einstellungen, Haltungen oder Selbstwirksamkeitserwartungen zurückwirken. Konkret wird der Frage nachgegangen, ob und ggf. inwiefern das domänenspezifische Selbstkonzept durch das motivationale Potenzial simulativer Medienelemente modifiziert werden kann.
Um Veränderungen in Bezug auf technikbezogene Einstellungen, Haltungen oder Selbsteinschätzungen nachzuweisen, wurden die im Anhang beschriebenen simulativen Medienelemente über einen längeren Zeitraum in universitären Lehrveranstaltungen eingesetzt. Bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Studie handelte es sich um Lehramtsstudierende für die Mittelschule in Bayern mit dem Studienfach Didaktik der Arbeitslehre. Aus diesem Grund liefern die erreichten Forschungsergebnisse nicht nur einen Beitrag zur Frage der Wirkung von Simulationen auf technikbezogene Einstellungen, sondern gewinnen auch Relevanz für die laufende Diskussion um Kompetenzen zukünftiger Lehrkräfte im Umgang mit digitalen Medien.
Um abgesicherte Schlussfolgerungen in Bezug auf die Wirkung simulativer Elemente zu erreichen, wurde ein auf Komplementarität abzielendes paralleles Forschungsdesign gewählt (vgl. Kuckartz 2014, S. 104). Zum einen wurden mittels einer Vorher-Nachher-Messung quantitative Daten gewonnen. Zum anderen wurde versucht, über Lerntagebücher näher an die Teilnehmerreflexionen zu Medieneinsatz und Inhalten heranzureichen. Dabei konnte umfangreiches Textmaterial für eine qualitative Analyse generiert werden.

Forschungsgebiet bzw. Forschungsfeld: Inhaltlich ist das Forschungsvorhaben im Bereich der Arbeits- und Berufsorientierung bzw. der technischen Bildung anzusiedeln, disziplinär berührt es vor allem Fragestellungen der Arbeitslehre- und Technikdidaktik.
Die Fachdidaktik versteht sich als wissenschaftliche Disziplin vom fachspezifischen Lehren und Lernen unter besonderer Berücksichtigung geeigneter fachwissenschaftlicher Erkenntnisse und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen. Zu den Aufgaben der Fachdidaktik zählt es unter anderem, Modelle zum Inhalt, zur Methodik und zur Organisation des Unterrichts vorzustellen, mit deren Hilfe Lernziele erreicht werden können (vgl. Deutscher Bildungsrat 1970, S. 225). Dass sich mit der Digitalisierung sowohl fachliche Inhalte als auch Unterrichtssettings rasant verändern, nimmt die fachdidaktische Forschung in die Pflicht (vgl. GFD 2018).

Gerade für die Arbeitslehre- bzw. Technikdidaktik ist die technische Entwicklung Anlass, methodische und mediale Lösungen ausfindig zu machen, die es Schülerinnen und Schülern allgemeinbildender Schulen gestattet, technikbezogenes Handlungs- und Urteilsvermögen aufzubauen. Die Grundlage dafür bildet zweifellos ein gewisses Ausmaß an Wissen über Technik bzw. Technologien. Neben den kognitiven Grundlagen haben jedoch affektive oder motivationale Aspekte ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Urteile und das Verhalten von Menschen gegenüber der Technik. Deutlich wird dies beispielsweise bei Vorbehalten zu technischen Berufen, für die die Gründe u.a. im Status entsprechender Selbstüberzeugungen zu suchen sind.

8.2 Forschungsstand

8.2.1 Evaluationsstudien zum Lernen mit rechnergestützten Medien

Auftrag für erziehungswissenschaftliche Disziplinen ist es, ein nach wissenschaftlichen Kriterien begründetes Orientierungswissen für die Praxis bereitzustellen. Evidenz für die Wirksamkeit bestimmter Methoden und Medien beruht auf der systematischen Sammlung, Auswertung und Beurteilung entsprechender Daten und Informationen. Der Prozess der Gegenüberstellung von erwarteten und tatsächlich erreichten Zielen wird mit Evaluation bezeichnet.

Allgemeine Evaluationsgründe: Unter Evaluation wird allgemein ein ziel- und zweckorientiertes Verfahren verstanden, das auf der Grundlage systematisch gewonnener Daten zu einer bewertenden Stellungnahme führt. Will, Winteler und Krapp (1987, S. 20 ff.) unterscheiden verschiedenen Funktionen von Evaluationen: Steuerungs- und Optimierungsfunktion, Bewertungs- und Beurteilungsfunktion sowie Kontroll- und Disziplinierungsfunktion. Evaluationen im Bildungsbereich erfolgen meist mit dem Ziel, zu bewertenden Stellungnahmen hinsichtlich der Effektivität, Effizienz oder Nachhaltigkeit und damit letztlich hinsichtlich der Qualität von Bildungsmaßnahmen zu kommen. Konkret zählt Rindermann (2002, S. 217) folgende Ziele und damit Kriterien für Evaluationen auf:

- Lernquantität (wie viel?)
- Lernqualität (was? wertvoll?)
- Lernstabilität (wie lange sind Kompetenzen und Wissen verfügbar?)
- Generelle Ziele: Aneignung von deklarativem, prozeduralem Wissen bzw. bestimmter Eigenschaften wie Haltungen, Sorgfalt, Motivation oder Interessen
- Spezielle Lernziele
- Stimulierende bzw. angenehmes Lernklima oder -atmosphäre
- Akzeptanz bei Lernern, Eltern, Vorgesetzten oder Öffentlichkeit
- Kosten

Problematik von Evaluationsstudien zu Medienwirkungen: Evaluationsstudien zum rechnergestützten Lernen stehen in der Tradition pädagogisch-didaktischer Methoden- und Medienwirkungsforschung. Verschiedene Annahmen zu lernrelevanten Effekten bestimmter Medienkombinationen, etwa in Bezug auf Motivation, Möglichkeiten des Fertigkeitserwerbs oder Lernwirksamkeit können heute als bestätigt gelten. Allerdings sehen sich gerade Studien zur Lernwirksamkeit computergestützter Lernumgebungen mit verschiedenen Problemen konfrontiert – sowohl beim Forschungsdesign als auch bei der Interpretation der Ergebnisse.
Allein die Bandbreite der digitalen bzw. medialen Formate (Präsentationen, Übungsprogramme, tutorielle Programme, Hypertext- und Hypermediaumgebungen, Simulationen, Web 2.0-Anwendungen) sowie ihre Ausrichtung auf spezielle Lernziele erschweren generelle Aussagen. Hinzu kommt die Problematik, dass Forschungsvorhaben zu digitalen Medien von ver-

schiedenen Wissenschaftsdisziplinen aus betrieben werden. Das führt zu unterschiedlichen Perspektiven, Definitionen oder methodologischen Grundentscheidungen (vgl. Honey & Hilton 2011, S. 21f.). Zudem gilt es bei jedem Vorhaben, eine Vielzahl intervenierender Faktoren zu kontrollieren, was oft allein schon aus organisatorischen Gründen kaum machbar ist. Eindeutige Resultate in Bezug auf die Effektivität sind damit kaum möglich (vgl. Schulmeister 2007, S. 371; Herzig & Grafe 2011, S. 85ff.).
Sonja Draschoff (2000, S. 163f.) gibt unter Verweis auf Studien von Niegemann (1995), Thomé (1989) und Fricke (1991) einen Überblick über Einflussfaktoren auf die Effektivität rechnergestützten Lernens. Dazu zählen Alter, Geschlecht, Leistungsfähigkeit, Unterrichtsfächer und Lernthema, Lernzeiten und soziale Nebeneffekte. Kerres (2003, S. 38) führt als zentrale Moderatorenvariablen für den Lernerfolg rechnergestützter Angebote Akzeptanz, Selbstlernfähigkeiten und das Abbruchverhalten von Nutzern an.
Zusätzlich zur fehlenden Berücksichtigung von Zufallseinflüssen bergen Studien zur Lernwirksamkeit digitaler Medien auch noch andere methodologische Fallstricke. Ihre Ursachen liegen nicht selten im quantitativen Forschungsdesign begründet und führen zur Verfälschung von Ergebnissen aus den unterschiedlichsten Gründen. Zu nennen sind beispielsweise das Fehlen von Kontrollgruppen oder die Kürze des Zeitraums, in dem die Wirkung von Maßnahmen empirisch begleitet wird. Die Aussagekraft von Studien wird zudem dann geschmälert, wenn sie sich ausschließlich auf punktuelle Messungen beziehen, die nur wenig Aufschluss über die Nachhaltigkeit des Medieneinsatzes erlauben (vgl. Clement & Martens 2000, S. 109 ff.; Schulmeister 2007, S. 372).
Experimentelle oder quasiexperimentelle Versuchspläne versprechen, solche methodischen Probleme zu minimieren (vgl. Rost 2005, S. 104ff.). Entsprechende Forschungsdesigns müssen sich jedoch den Vorwurf gefallen lassen, kaum den tatsächlichen Alltagsbedingungen in Bildungseinrichtungen zu entsprechen. Bardo Herzig (2014, S. 13f.) sieht daher die Ergebnisse von Studien mit so genanntem schwachem Design nicht grundsätzlich entwertet. Er plädiert für eine Offenlegung der Rand- bzw. Rahmenbedingungen, damit Außenstehende die Ergebnisse derartiger Untersuchungen mit den eigenen Bedingungen vor Ort vergleichen können.

Generelle Erkenntnisse zum Einsatz rechnergestützter Medien: Die Zahl an Forschungsvorhaben zu rechnergestützten bzw. digitalen Medien steigt seit Jahren stetig an. Das erkenntnisleitende Interesse entsprechender Evaluationsstudien bezieht sich zumeist auf die Untersuchung der generellen Lernwirksamkeit. Inhaltsanalytische Aspekte oder Erhebungen zu subjektiv wahrgenommenen Kompetenzgewinnen sind eher die Ausnahme (Herzig & Grafe 2011, S. 67; Schaumburg 2018, S. 27f.).
So vielfältig die medialen Formate und Forschungsdesigns sind, die sich der Untersuchung des Lernzuwachses widmen, so vielfältig sind auch die Ergebnisse. Angelegt sind die Studien zumeist so, dass sie die Wirkung der Computernutzung entweder mit Leistungstests überprüfen oder aber auf der Grundlage von Selbsteinschätzungen von Schülern oder Lehrern. Den Forschungsstand zusammenzufassen, ist das Anliegen so genannter Metaanalysen. Dabei werden die Ergebnisse vieler einzelner Studien zum Lernzuwachs durch digitale Medien oder Lernumgebungen mit statistischen Verfahren in Beziehung gesetzt. Aus der Interpretation solcher Studien für den schulischen Bereich lässt sich der Schluss ziehen, dass der Einsatz digitaler Medien insgesamt positive Einflüsse auf fachliche Leistungen der Schülerinnen und Schüler zeitigt, die gemessenen Effekte allerdings eher gering sind (Zwingenberger 2009; Hattie 2009; Schaumburg 2018). Die Ergebnisse solcher Metastudien sind jedoch nur bedingt generalisierbar. Eine Schwäche solcher Studienformate – darauf weisen Herzig und Grafe (2011, S. 75) hin – liegt u.a. darin, dass dabei unterschiedliche Arten von Treatments sowie unterschiedliche Anwendungen zusammengefasst werden.
Konsens besteht mittlerweile darin, dass für eine lernrelevante Wirksamkeit nicht allein vom Medium bzw. von der Technik digitaler Medien ausgegangen werden darf, sondern vielmehr

die Art der damit verbundenen Lerngelegenheiten bzw. der Bezug zu den Lerninhalten von Bedeutung ist. Diesen Befund bekräftigt u.a. eine Metastudie, die 79 Einzeluntersuchungen zum Einsatz digitaler Medien in den Unterrichtsfächern Mathematik, Physik, Biologie und Chemie berücksichtigt (Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss 2017).
Um die Effekte digitaler Medien auszuspielen, muss sowohl den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, als auch der medialen und didaktischen Aufbereitung der Lernumgebung ausreichend Beachtung geschenkt werden (vgl. Kerres 2003, S. 37f.; Grafe 2008; Weinberger 2017).

8.2.2 Evaluationsstudien zum Lernen mit rechnergestützten Simulationen

Sowohl einfachere Animationen mit simulativem Charakter, als auch komplexere Simulationsanwendungen fungieren im Bildungsbereich vor allem als didaktisch reduzierte Experimentierumgebungen, mit deren Hilfe Zusammenhänge aus der Realität erfahrbar gemacht werden sollen (vgl. Petko 2014, S. 69f.). Die Frage, ob derartige mediale Repräsentationsformen tatsächlich lernförderliche Effekte zeitigen, ist Gegenstand einer Vielzahl an wissenschaftlichen Literaturreviews und Studienberichten. Ein Großteil davon bezieht sich auf den Einsatz von Simulationen für das naturwissenschaftliche Lernen. Im Vergleich dazu ist die Anzahl an Studien aus dem technischen Bildungsbereich eher gering. Die Sichtung der vorhandenen Literatur macht zudem deutlich, dass der Fokus der meisten Untersuchungen vor allem auf dem materialen Zuwachs an Wissen und Konzepten liegt (vgl. Schulmeister 2007, S. 359). Seltener werden dagegen diejenigen Aspekte in den Blick genommen, denen Simulationen nach Ansicht vieler Autoren aber ihre Exklusivität im Lerngeschehen eigentlich verdanken. Dazu zählen etwa die Einflüsse auf Neugier, Interesse und Motivation, die Vorteile in Bezug auf das entdeckende Lernen oder die förderliche Wirkung für das Problemlösen (vgl. Honey & Hilton 2011, S. 2ff.; D'Angelo, Rutstein & Harris 2016, S. 60).
Die Resultate der dokumentierten Studien zeichnen insgesamt ein eher unscharfes Bild. Gründe dafür liegen u.a. wohl auch in den unterschiedlichen Forschungsdesigns. Klare Aussagen und eindeutige Ergebnisse sind daher eher Mangelware. Insgesamt kann jedoch geschlussfolgert werden, dass simulative Lernumgebungen zumindest genauso effektiv sind wie traditionelle Methoden, wenn Ziele, Inhalte und Lernvoraussetzungen sorgsam aufeinander abgestimmt werden (vgl. de Jong & van Joolingen 1998, S. 181; Schulmeister 2007, S. 359ff.; Honey & Hilton 2011, S. 32; Plass & Schwartz 2014, S. 745). Einblicke in Methodologie und Ergebnisse von Forschungsarbeiten zu rechnergestützten Simulationen vermitteln die nachfolgenden Abschnitte.

Metastudien und Literaturreviews: In der mit viel Aufmerksamkeit bedachten Metastudie des australischen Bildungswissenschaftlers John Hattie (2009) wurde u.a. der Einsatz von Simulationen beleuchtet. Der medialen Repräsentationsform wird darin ein grundsätzlich positiver Einfluss auf die fachlichen Leistungen von Schülerinnen und Schülern bescheinigt. Allerdings kann die Wirkung mit einer Effektstärke von 0.33 eher als gering eingestuft werden. Clark, Nelson, Sengupta und D'Angelo (2009, S. 15ff.) dokumentieren in einem Überblick über den Forschungsstand zum Einsatz von Simulationen in verschiedenen Bildungsbereichen überwiegend positive Ergebnisse. Nach Auffassung der Autoren erbringen die Studien den Beweis, dass durch das Lernen mit Simulationen sowohl konzeptuelles Denken, prozessuale Fähigkeiten und epistemologisches Verständnis, als auch Einstellungen, Identität und Motivation befördert werden können. Fan und Geelan (2012) berichten über Konzeption und Ergebnisse verschiedener Studien zum Lernen mit interaktiven Simulationen im naturwissenschaftlichen Bereich und kommen ebenfalls zu einem positiven Fazit: Motivation, das konzeptionelle Verständnis, prozessuale Fähigkeiten sowie die diskursiven Fähigkeiten der Lernenden würden

durch den Einsatz befördert. Tanja Mansfeld konstatiert in ihrer Dissertation aus dem Jahre 2013 (S. 180), in der sie Potenzialen und Grenzen von Simulationen bei Lehr-Lern-Arrangements speziell in metall- und elektrotechnischen Domänen nachspürt, dass die Erwartungen an Simulationen zwar teilweise überschätzt werden. Trotzdem plädiert sie nach einer Analyse vorhandenen Anwendungen und Veröffentlichungen für einen Einsatz in berufsbildenden Kontexten. Allerdings müssten – so ihr Fazit – Simulationen in komplexe Lehr-Lern-Arrangements eingebunden werden.
Auch Plass und Schwartz (2014, S. 733ff.) verweisen in ihrem Forschungsreview auf Arbeiten, die die Stärken von Simulationen für kognitive und motivationale Aspekte des Lernens unter Beweis stellen. Ferner skizzieren sie Forschungsarbeiten, die auf spezielle Probleme des Lernens mit dieser medialen Repräsentationsform hinweisen. Schwierigkeiten für den Lerner können sich zum Beispiel aufgrund der Komplexität der Lernumgebung, mangelnder Hilfestellungen oder fehlender Zielvorgaben ergeben.
Im Bericht über eine Meta-Analyse zum Einsatz von computerunterstützten STEM-Simulationen (Simulationen in *science, technology, engineering* und *mathematics*) weisen die Autoren auf den Zusammenhang zwischen Forschungsdesign und Effektstärken hin (D'Angelo, Rutstein & Harris 2014). Moderate bis starke Effektstärken lassen sich vor allem solchen Studien entnehmen, in denen die kognitiven Leistungen von Gruppen mit Simulationen im Vergleich zu Kontrollgruppen ermittelt wurden. Eher moderate Effektstärken weisen dagegen solche Studien auf, bei denen Simulationen modifiziert zum Einsatz kamen. Für die in der Studie ebenfalls berücksichtigten, nicht-kognitven Faktoren (z.B. Einstellungen) werden ebenfalls positive Effekte zugunsten der Simulationen reklamiert. Aufgrund des geringen Umfangs der hierzu vorliegenden Daten, lassen sich die Ergebnisse nach Ansicht der Autoren jedoch nicht verallgemeinern (ebd. S. 26).
Einen aktuellen Überblick über Forschungsdesign und Ergebnisse von Experimentalstudien zur Untersuchung der Effekte traditionellen oder Distanzlernens einerseits und Simulationen andererseits liefern auch Guy und Lownes-Jackson (2015). Die in diesem Report dokumentierten Resultate bestätigen die Vermutung, dass nicht allein die Simulationen, sondern die damit angereicherten Lernumgebungen eine Leistungssteigerung ermöglichen.

Ausgewählte Studien: Der Einfluss des Lernens mit Simulationen auf das Problemlösen in Physik wurde in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt untersucht (Neugebauer, Reinhold & Friege 2006). Intervenierende Faktoren waren zum einen die mediale Form der Instruktion (mit und ohne Simulationen) sowie das Instruktionsformat (Unterstützung der Problempräsentation bzw. Unterstützung der Problemschemabildung). Die Untersuchung, die mit Schülerinnen und Schülern aus verschiedenen Gymnasien durchgeführt wurde, konnte keine Beweise für signifikante Medieneffekte erbringen.
Wirkungen von Simulationen auf das Problemlöseverhalten nachzuweisen, war auch das Ziel einer Dissertationsstudie von Agnes Szabone Varnai (2006). Gleichzeitig zu medialen Effekten auf die Problemlösung wurde der Einfluss des jeweiligen Kooperationsformats untersucht (Arbeit mit und ohne Partnermodell). Wieder konnten bei der Gruppe, die ihre Aufgaben mittels Simulationen löste, im Vergleich zur Kontrollgruppe keine signifikanten Vorteile im Hinblick auf den Problemlöseerfolg festgestellt werden. Allerdings zeigte sich, dass diejenigen Schülerinnen und Schüler, die mit Simulationen und gleichzeitig mit Partnermodell arbeiteten, im Nachtest schlechter abschnitten, als diejenigen mit Simulationen aber ohne Partnerarbeit. Vermutet wird, dass die gleichzeitige Interaktion mit Simulationen und Partnern zu einer metakognitiven Belastung führt (Varnai & Reinhold 2006, S. 47).
Eine weitere Studie zum Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Computersimulationen und der Problemlösefähigkeit stammt von Silke Grafe (2008). Im Fokus der Untersuchung mit Schülerinnen und Schülern eines Gymnasiums stand das Unterrichtskonzept, mit dem die Simulation im Politikunterricht eingesetzt wurde. Konkret wird den Fragen nachgegangen, ob

spezifische, auf das Problemlösen bezogene Lernhandlungen sowie der Erwerb anwendungsbezogenes Wissen beim Umgang mit Computersimulationen positiv beeinflusst werden (ebd. S. 179). Nach Auswertung der erhobenen Daten, kommt die Autorin u.a. zu dem Schluss, dass die bei den Schülerinnen und Schülern festgestellten positiven Effekte des Einsatzes von Computersimulationen in Wechselwirkung mit Inhalten der Problemaufgaben sowie der Einschätzung des Computerprogramms zu sehen sind (ebd. S. 253). Zudem resümiert Grafe (ebd. S. 280), dass Computersimulationen ein objektives, reliables und valides Instrument zur Leistungsdiagnose darstellen.

Adams et al. (2008) interviewten Schülerinnen und Schüler über ihre Arbeit mit kleineren Simulationen für den Unterricht in Physik und Chemie. Als ein Resultat konstatieren sie eine motivierende Wirkung der Medien. Diese ist jedoch ihrer Meinung nach abhängig davon, ob die Interaktionen des Lerners mit den Simulationen von eigenen Fragen gesteuert werden.

Im Zentrum eines Forschungsvorhabens aus dem berufsbildenden Bereich stand die Frage, ob mit Computersimulationen berufliche Handlungskompetenz gemessen werden kann (Abele, Gschwendtner & Nickolaus 2009). Für die Untersuchung wurden die Ergebnisse von Aufgabenlösungen in einem Zwei-Gruppen-Design verglichen. Die Autoren resümieren, dass adäquat gestalteten Simulationen eine ähnliche Aussagekraft bei der Diagnose der Leistungsfähigkeit von Auszubildenden zugebilligt werden kann, wie realen Aufgabenumgebungen. Forschungsbedarf sehen die Autoren für den Einsatz von Computersimulationen bei der Erfassung mechanischer oder motorischer Kompetenzen.

Plass et al. (2009) überprüften in einem Pre-Post-Test-Design, ob spielerisches Programmieren einen Einfluss auf Selbstwertgefühl und Selbstwirksamkeit von Schülerinnen und Schülern hat. Die Interpretation der Daten lässt folgende Schlüsse zu: Durch das Spiel wurde das Gefühl allgemeiner Selbstwirksamkeit (*general self-efficacy*) bei den weiblichen Spielerinnen erhöht. Bei beiden Geschlechtern ließ sich zudem ein Anstieg bei der Selbsteinschätzung (*self-esteem*) feststellen. Die ebenfalls erhobene Computer-Selbstwirksamkeit (*computer self-efficac*y) konnte zumindest bei den männlichen Schülern gesteigert werden. Obwohl bei beiden Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede an Programmierkenntnissen (*programming knowledge*) nachgewiesen werden konnten, zeigten die Tests einen Anstieg der programmierbezogenen Selbstwirksamkeit (*programming self-efficacy*).

In einer von Johannes Peter Bufe (2011) vorgestellten Studie zum Einsatz des Simulationsspiels FISS (Fertigungs- und Instandhaltungsstrategie Simulation) in der Industrie konnten bei allen Teilnehmern trotz unterschiedlicher Lernstile deutliche Leistungsverbesserungen nachgewiesen werden.

Die zentrale Frage einer quasi-experimentellen Studie von Sarabando, Cravino und Soares (2014) zur Veränderung des konzeptuellen Verständnisses von Gewicht und Masse bei Schülern war es, ob Computersimulationen kombiniert mit „hands-on-Aktivitäten“ effektiver sind, als Simulationen oder „hands-on-Aktivitäten“ alleine. Die Datenauswertung der Lernfortschritte lässt nach Ansicht der Verfasser den Schluss zu, dass der Einsatz der Computersimulation in jedem Fall förderlich ist, die Wirkung jedoch durch die Lehrkräfte mitbeeinflusst wird. Sie spielen eine wichtige Rolle, wenn es um die Auswahl geeigneter Ressourcen, die Sequenzierung und Strukturierung von Lernaktivitäten, die Anleitung der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren, bei der Formulierung der Hypothesen und Vorhersagen sowie der kritischen Reflexion der Ergebnisse geht.

Xinxin Fan (2015) untersucht in seiner Dissertation an der Queensland University die Wirksamkeit einer explorativen Lernmethode unter Einsatz von interaktiven Simulationen auf das konzeptuelle Verständnis von Schülerinnen und Schülern (*Inquiry-based learning with Interactive Simulation - ILIS*). Thematisch geht es dabei um kinetische Zusammenhänge in der Physik. Der Autor der Studie, die mit einem quantitativen und qualitativen Ansatz durchgeführt wurde, kommt zu einem positiven Fazit. Im Vergleich des ILIS-Ansatzes mit konventionellem

Unterricht zeigen die Lerner deutliche Erfolge bei der Ausbildung des konzeptuellen Verständnisses und prozessualer Fähigkeiten. Das im Rahmen der Untersuchung ebenfalls erhobene Selbstvertrauen der Lerner beider Gruppen unterschied sich dagegen nicht. Die qualitative Phase der Untersuchung, in der die individuellen Sichtweisen und Wahrnehmungen von drei Lehrern und sechs Schülern erhoben wurden, unterstützt laut Autor die quantitativen Ergebnisse.

8.2.3 Instrumente und Studien zu technikbezogenen Einstellungen, Interessen und Selbstbildern

Das Verhältnis von Jugendlichen oder Erwachsenen zur Technik ist immer wieder Gegenstand psychologischer und pädagogischer Forschungsvorhaben. Einen großen Bereich nehmen hier anlass- bzw. projektbezogene Messungen zu Einstellungs- und Kompetenzänderungen ein. Grundsätzlicher gehen wissenschaftliche Arbeiten an das Verhältnis Mensch-Technik heran, die auf die Identifikation von Prädiktoren für technikbezogene Personenmerkmale ausgerichtet sind. Generell ist der Korpus an Forschungsarbeiten, die sich der Standardisierung geeigneter Messinstrumente widmen allerdings genauso überschaubar, wie die Anzahl an Studien zu technikbezogenen Einstellungen mit ausreichend Informationen zu Gütekriterien und theoretischem Hintergrund (vgl. Garmire & Pearson 2006, S. 95f.; Karrer, Glaser, Clemens & Bruder 2009, S. 194; Adenstedt 2016, S. 75; Ardies et.al 2015, S. 44; Güdel 2014, S. 44). Dieser Mangel an Forschungsvorarbeiten und Studien ist insofern bemerkenswert, als die technologische Fortschrittsdynamik der letzten Jahre tiefgreifende gesellschaftliche und ökonomische Veränderungen mit sich brachte und noch bringen wird. Die Gewinnung valider Erkenntnisse zu Genese, Beeinflussungsfaktoren und Wirkungen technikbezogener Einstellungen könnte in diesem Zusammenhang ja nicht nur dabei helfen, curriculare und unterrichtliche Entscheidungen abzusichern, sondern auch politische Handlungsfelder zu identifizieren.

Untersuchungsinstrumente zur Erhebung technikbezogener Einstellungen und Interessen: Grundlage für Erhebungen zu wissenschaftlich relevanten Konstrukten sind theoriegeleitete und nach wissenschaftlichen Standards entwickelte Messinstrumente, die diese Faktoren in Skalen und Items gliedern. Dass sich Einstellungen zur Technik im Geflecht unterschiedlicher Aspekte oder Dimensionen formieren, über deren begriffliche Attribuierung, Gewichtung und Wirkung im Einzelnen selbst noch Klärungsbedarf besteht, scheint die Konstruktion und Etablierung von Messwerkzeugen zu erschweren. Aus Überblicksarbeiten zu diesem Thema lassen sich jedenfalls eine ganze Reihe von Konstrukten zu technikbezogenen Einstellungen extrahieren: Interesse, Emotion, Berufliche Orientierung, Kontrollüberzeugung, Selbstwirksamkeit, Selbstkonzept, Technikhaltung, Akzeptanz und Technikaffinität (vgl. de Vries 1988; Adries et al. 2015).
Die Datenbank „Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen“ (ZIS)[50] im Internet listet Ende des Jahres 2018 nach Eingabe des Suchbegriffs Technik lediglich sieben Einträge auf. Eine deutliche Affinität zu den hier fokussierten technikbezogenen Einstellungen, Haltungen oder Selbsteinschätzungen besitzt dabei nur die Kurzskala zur Messung der Technikbereitschaft (TB, *technology commitment*) von Neyer, Felber und Gebhardt (2012). Mit einer Analyse der Determinanten zum Umgang mit Technik (Technikakzeptanz, Technikkompetenz- und Technikkontrollüberzeugungen) zielt die Skala auf eine Vorhersage über den erfolgreichen Umgang mit neuen Technologien insbesondere im höheren Lebensalter.
Eine Feststellung kognitiver Technikbezüge soll ein von Guido Beier (1999) beschriebener Fragebogen zur Erfassung von Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik ermöglichen. Vor-

[50] http://zis.gesis.org/

gestellt werden eine Lang- und eine Kurzform des Fragebogens mit den entsprechenden Gütekriterien.
Einstellungen zur Technik sind des weiteren Gegenstand von Tests aus dem Bereich der Berufseignungsdiagnostik. Der Allgemeine Interessen-Struktur-Test (AIST-R) beispielsweise dient der Erfassung schulisch-beruflicher Interessen auf der Basis des Modells von J. L. Holland (1973) und befasst sich im Rahmen von sechs Interessendimensionen auch mit praktisch-technische Interessen (Realistic). Garmire und Pearson (2006, S. 113ff.) stellen etliche, vor allem in den USA entwickelte und eingesetzte Instrumente zur Messung von Einstellungen in Bezug auf die Technik vor. Zielgruppen dieser Tests sind Schüler und Erwachsene.
Ein breites Anwendungsfeld wird dem zuerst in den Niederlanden entwickelten und dann für die USA angepassten Test *Pupils Attitude Towards Technology (PATT)* attestiert (Bame, Dugger & de Vries 1993). Der Fragebogen zielt auf Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe und integriert 6 Faktoren: *Interest in technology, perception of technology as a subject for both boys and girls, consequences of technology, perception of the difficulty of technology, technology in the school curriculum* und *ideas about technological professions*. Ardies, Maeyer & Gijbels stellten 2013 eine überarbeitete Version des Tests vor.
Den Mangel an standardisierten Verfahren zur Erfassung der Technikaffinität nahmen Karrer, Glaser, Clemens und Bruder (2009) zum Anlass für eine entsprechende Entwicklung. Der Fragebogen wurde in einem zweistufigen Verfahren generiert: Im Rahmen einer ersten Studie mit 825 Personen wurden vier Subskalen identifiziert sowie die Item- und Skaleneigenschaften überprüft. Eine revidierte Fassung des Instruments wurde in einer zweiten Studie an 470 Personen getestet.
Karin Güdel (2014) erläutert in ihrer Dissertation eine Studie, die mit dem Ziel durchgeführt wurde, Technikaffinität und Geschlechterrollen von Jugendlichen der Sekundarstufe I zu erheben, Wirkungen von Technikunterricht empirisch zu untersuchen und interessefördernde bzw. -mindernde Faktoren zu identifizieren. Für das Vorhaben wurden die Einstellung zu Technik, allgemeine und spezifische Technikinteressen, Selbstwirksamkeitserwartungen, Berufswünsche und Geschlechterrolle von 480 Schülerinnen und Schülern des 7. und 8. Schuljahres aus drei Schulniveaus (Realschule, Sekundarschule und Progymnasium) vor und nach einer Unterrichtsintervention erhoben. Zusätzlich wurden qualitative Aussagen aus Arbeitsjournalen und Schülerinterviews analysiert. Für den Fragebogen wurden verschiedene vorhandene Skalen und Instrumente angepasst. Die aus der Theorie hergeleiteten und selbst entwickelten Skalen zum Interesse an Tätigkeiten der Produktherstellung und der technikspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung wurden mit Faktorenanalysen getestet und weiter optimiert (ebd. S. 105ff.).
Die Europäische Union führt in periodischen Abständen Umfragen durch, mit denen das Meinungsbild zu verschiedenen Themen in den Mitgliedländern erhoben wird. Auch für die Bereiche Zukunftsinnovationen, Wissenschaft und Technologie gibt es sogenannte Eurobarometer (vgl. European Union 2015; Europäischen Kommission 2013). Bei diesen Umfragen werden in der Regel etwa 1.000 Personen mit Mindestalter von 15 Jahren pro Mitgliedsland befragt. Themenbereiche sind u.a. Informationsstand, Grad des Interesses, Grad der Nähe sowie Einstellungen zu Wissenschaft und Technologie.
Hans-Jürgen von Wensierski (2015, S. 63) berichtet von der Entwicklung eines Itemblocks, der auf das Selbstkonzept von Schülerinnen und Schülern im Verhältnis zu und im Umgang mit Technik zielt. Verschiedene Selbsteinschätzungsbereiche sind berücksichtigt: Kognitive und erfahrungsbezogene technische Kompetenzen (z.B. „Meine technischen Fähigkeiten sind sehr gut“; „Im Umgang mit technischen Geräten bin ich geschickt“; „Über aktuelle Technikentwicklungen weiß ich Bescheid“), motivationale Aspekte (z.B. „Ich möchte wissen, wie Technik funktioniert“) und affektive Dimensionen (z.B. „Technik macht mir Spaß“; „Technik finde ich kompliziert und unverständlich“; „Technik finde ich spannend und reizvoll“). Für die insgesamt 8 Items existieren drei Skalenausprägungen, die die Messung eines positiven, eines neutralen und eines negativen Technischen Selbstkonzepts erlauben sollen. Das Skalenkonsistenzmaß

Cronbachs Alpha wird mit 0,879 angegeben. Für die Messung des technikbezogenen Selbstkonzepts führte Victoria Adenstedt (2018a) eine Pilotstudie durch, in der ein Fragebogen zur Erhebung der frühen technischen Kognitionen von durchschnittlich Neunjährigen entwickelt wurde und geprüft wurde, ob er wissenschaftlichen Ansprüchen genügt. Die Items beziehen sich hier auf 3 Subkonstrukte: Selbsteinschätzung, Fähigkeitskonzept und Selbstbild & Selbstbewertung. Ebenfalls einen Fragebogen zum technischen Selbstkonzept stellen Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) vor. Auf ihn wird weiter unten näher eingegangen.

Studien und Ergebnisse zu technikbezogenen Einstellungen: Bei den dokumentierten Forschungsvorhaben zur Erfassung der Einstellungen zur Technik lassen sich vor allem zwei Typen unterscheiden: Zum einen die für die Überprüfung von Forschungshypothesen wenig aussagekräftigen, als Momentaufnahmen angelegten *one-shot*-Studien. Zum anderen die anlass- oder projektbezogenen Evaluationsstudien, die in der Regel an einer bestimmten Gruppe mittels Vortest, Behandlung und Nachtest durchgeführt werden. Nachfolgend werden einige Beispiele für beide Arten von Studien skizziert.

Schatz-Bergfeld, Bruns und Sessar (1995) nehmen sich in einer Untersuchung der Frage an, wie die Technikkompetenz von Jugendlichen beschaffen ist. Technikkompetenz teilen sie in drei Variablenkomplexe auf: Technikbilder, Formen der realen Techniknutzung und Handlungsorientierungen bei der Techniknutzung. Unter Technikbilder verstehen sie „*die Summe der einer bestimmten Technik im Verlauf von Enkulturationsprozessen attribuierten intendierten und nicht-intendierten, funktionalen und extra-funktionalen Eigenschaften*“. Eine der Ausgangsthesen der Untersuchung ist, dass individuelle Nutzungsmuster und dadurch verursachte individuelle Interpretationen der Technik auch zu einer individuellen Anpassung der kollektiv vorgegebenen Handlungs- und Bedeutungsmuster durch die Jugendlichen führen. Im Rahmen der nicht repräsentativen Studie mit „Intensivinterviews“, die quantitative und qualitative Analyseverfahren verknüpfte, konnte ein insgesamt positiver Zugang der Jugendlichen zur Technik festgestellt werden. Allerdings konstatieren die Autoren eine Deutungsdiskrepanz zwischen dem individuellen Techniknutzungsverhalten und dadurch möglicherweise verursachten Implikationen auf gesellschaftliche oder ökologische Zusammenhänge. Außerdem zeigten sich recht unterschiedliche Technikkompetenz-Profile, die die Autoren zu vier Idealtypen zusammenfassen (a.a.o., S.53 ff.): Typ A: Selbstverwirklichungsorientiertes Technikkompetenz-Profil, Typ B: Aktiv-statusorientiertes Technikkompetenz-Profil, Typ C: Reaktiv-anpassungsorientiertes Technikkompetenz-Profil, Typ D: Erlebnisorientiert-modisches Technikkompetenz-Profil.

Ein ähnliches Bild in Bezug auf technikrelevante Einstellungen zeichnet die Studie „Technophil oder technophob“ von Jakobs, Schindler und Straetmans (2005). Auf welcher theoretischen Basis die Fragbogenkonstruktion beruht, wird nicht deutlich. Die Ergebnisse der Befragung von mehr als 100 Gymnasiasten (Jahrgangsstufe 11 und 12) belegen ein überwiegend positives Bild von Technik, wenngleich – wie die Autoren konstatieren – Großtechnologien von den Jugendlichen kaum wahrgenommen werden, weder positiv noch negativ. Die Schülerinnen und Schüler zeigen lt. der Studie auch wenig Faszination für technische Entwicklungen. Sie wollen Technik nutzen – wie sie funktioniert interessiert dagegen anscheinend weniger. Junge Frauen halten sich im Durchschnitt für weniger kompetent als gleichaltrige Männer.

Die Ergebnisse einer Untersuchung zu den Technikhaltungen von Studienanfängerinnen und Studienanfängern in (informations-)technischen Studiengängen beschreiben Gabriele Winker und Andrea Wolffram (2005). Technikhaltungen wurden für die Untersuchung in Interessen und Technikeinstellungen unterteilt. In Anlehnung an das sozialpsychologische Modell von Rosenberg und Hovland (1960) werden den Technikeinstellungen wiederum drei Komponenten zugeordnet: Eine kognitive Komponente bezieht sich auf die Meinungen über die Technik, eine affektive Komponente beinhaltet die Gefühlsäußerungen in Bezug auf die Technik und eine Verhaltenskomponente integriert Handlungs- und Verhaltensabsichten. Aus diesen theoretischen Vorüberlegungen ergaben sich für die Studie, die insgesamt mit 275 Studierenden

durchgeführt wurde, vier Skalen. Innerhalb der Skalen verwiesen Items jeweils allgemeiner auf Technik und spezieller auf den Computer. Die Daten wurden ausschließlich deskriptiv ausgewertet. Die Clusterung zu Typen erlaubt Erkenntnisse über die Verteilung der Kategorien in den Studiengängen der Beteiligten und damit auch Hinweise für die berufsorientierende Arbeit mit jungen Frauen und Männern vor der Berufs- bzw. Studienwahl.

Im Rahmen der Studie Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften (Acatech/ VDI 2009) wurden Studierende, Berufstätige sowie rund 3500 Schülerinnen und Schüler u.a. zu Technikverständnis, Einstellungen, Techniksozialisation und Technikinteressen befragt. Die Ergebnisse legen u.a. den Schluss nahe, dass das Interesse an Technik kein vorab festgelegter Faktor ist, der aufgrund einer erfolgreichen Techniksozialisation kontinuierlich wirksam ist, sondern anscheinend als themen- und objektbezogener Prozess begriffen werden muss, der in der Schule und im Studium von der konkreten Vermittlung von Technik und Naturwissenschaften lebt (ebd., S. 34).

Die von Jakobs und Ziefle (2009) im Auftrag der acatech durchgeführte Studie „Wege zur Technikfaszination“ wendet sich verschiedenen Fragen zu: Welche Eigenschaften, Einstellungen und Fähigkeiten liegen dem Zugang zu Technik, dem Umgang mit Technik und dem Interesse für Technik zugrunde, wann bilden sie sich heraus und welche sozialen, schulischen und familiären Rahmenbedingungen sind in diesem Zusammenhang nützlich oder sogar notwendig? Ausgangspunkt für die Zieldefinition der Studie sind u.a. Untersuchungen zur negativen Wirkung von Einstellungen auf das Technikinteresse. Dazu zählen insbesondere Technik- bzw. Computerangst, Selbstkonzepte eigener Fähigkeiten (Kontrollüberzeugungen) wie geringe Erfolgserwartung und Kompetenzzuschreibung, Furcht vor Misserfolg und Leistungsversagen. Hingewiesen wird ferner auf die in verschiedenen Studien dokumentierten geschlechtsbedingten Unterschiede bei den Selbsteinschätzungen im Umgang mit Technik. In der Studie selbst werden drei inhaltliche Schwerpunkte fokussiert: Technikrelevante Fähigkeiten und Fertigkeiten von Schülerinnen und Schülern, Technikbezogene Einstellungen der Zielgruppe und Sozialisationsfaktoren, die für die Techniksozialisation von Bedeutung sind. Das Design der Studie setzte auf einen Methodenmix: An unterschiedlichen Stichproben kommen psychometrische Tests, halbstandardisierte Fragbögen sowie eine Internetbefragung zum Einsatz. Für die hier fokussierte Thematik sind vor allem Methodik und Ergebnisse der Untersuchungen zu den einstellungsbezogenen Technikfacetten relevant (ebd., S. 39ff.). Für die Analyse der Kontrollüberzeugung im Umgang mit Technik (KUT), die das Kompetenzerleben einer Person im Umgang mit technischen Geräten abbilden soll, wurde die Kurzform des Fragebogens zur Kontrollüberzeugung mit technischen Geräten im Alltag von Beier (1999) verwendet. Die technikrelevanten Einstellungen wurden mittels leitfadengestützter Interviews und Internetbefragung erhoben. Inwiefern dabei theoretisch abgesicherte Konstrukte bzw. testtheoretische Aspekte Berücksichtigung fanden, ist nicht dokumentiert. Die im Rahmen der Studie erfassten Jugendlichen attestierten sich durchweg ein relativ hohes Technikverständnis, allerdings mit signifikanten geschlechtsbezogenen Unterschieden (Jakobs & Ziefle 2009, S. 40). Deutlich niedriger als das Technikverständnis schätzten die Jugendlichen ihr Technikinteresse ein (ebd., S. 41). Die „erlebte Selbstwirksamkeit im Umgang mit Technik“ wurde zweimal erhoben: Einmal bei der relativ kleinen Gruppe der Probanden der psychometrischen Tests, ein zweites Mal bei der wesentlich größeren Stichprobe der Onlineerhebung, die eine deutlich breitere Altersspanne umfasste. Die Ergebnisse sind weitgehend übereinstimmend. Die Befragten bescheinigen sich insgesamt – wieder mit deutlichen Unterschieden zwischen den Geschlechtern – ein hohes Kompetenzerleben im Umgang mit Technik (ebd., S. 48).

Neben den Studien mit globaleren Fragestellungen zu Technikinteressen und Technikakzeptanz, existiert eine Reihe von Evaluationsstudien zu schulischen oder außerschulischen MINT-Angeboten, die ebenfalls den Wirkungen auf technikbezogene Einstellungen nachspüren. Vielfach gründen Aussagen zur Wirksamkeit solcher Maßnahmen auf dem in der Regel eher posi-

tiven Teilnehmer-Feedback, was jedoch keine gesicherten Erkenntnisse in Bezug auf die Effekte zulässt, die solche Maßnahmen auf Interessen und Fähigkeitsselbstkonzepte tatsächlich haben (Rahn, Hartkopf & Buch 2017, S. 88). Edda Fiebig (2010) untersuchte im Zuge der Evaluation des Berufsinformationsprojekts MeetME-Truck unter anderem, inwieweit sich die Maßnahme auf die Technikhaltung der beteiligten Schülerinnen und Schüler und der Lehrkräfte auswirkte. Im Rahmen des Berufsinformationstrucks wurden Experimente, Simulationen und Vorführungen mit berufsorientierendem Charakter angeboten. Die Einstellungsänderung wurde direkt abgefragt (Wie hat sich deine Einstellung zu Technik durch den Besuch des Fahrzeugs geändert?). Die Auswertung der Daten zeigt, dass sich der Besuch des Berufsinformationsprojektes bei Mädchen und Jungen unterer Jahrgangsstufen anscheinend besonders positiv auf die Haltung gegenüber Technik ausgewirkt hat. Umso höher die Jahrgangsstufe, umso weniger Veränderungen ließen sich dagegen in den Äußerungen feststellen (ebd., S. 154f.).
Die bereits oben erwähnte Studie von Karin Güdel (2014) zur Erhebung der Technikaffinität von Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 setzte methodisch auf zwei Wege: Neben der Befragung wurden Arbeitsjournale und Interviews einzelner Schüler ausgewertet. Damit sollte u.a. die situative Motivation während der Intervention erfasst werden. Insgesamt attestiert die Studie den Schülerinnen und Schülern eine positive Einstellung zur Technik, allerdings mit gewissen inhaltlichen Präferenzen und geschlechtsspezifischen Unterschieden.
Ebenfalls Schülerinnen und Schüler waren die Zielgruppe für eine Studie, die die Entwicklung von Einstellungen und Orientierungen zu Technik und Naturwissenschaft unter dem Einfluss der Sozialisationsinstanzen Schule, Familie und Freizeit in den Blick nahm (Wensierski 2015). Die Ergebnisse der Studie werden als Bestätigung von in anderen Untersuchungen festgestellten geschlechtsspezifischen Ausprägungen der Technikorientierungen gesehen. Während das technikbezogene Selbstkonzept junger Männer über die letzten Jahrgangsstufen der Schulzeit hinweg als relativ stabil beschrieben wird, weisen die Messwerte der jungen Frauen deutliche Schwankungen auf und liegen am Ende der Schulzeit unter der Hälfte der Werte der jungen Männer. Insgesamt attestieren die Autoren den Jugendlichen eine beachtliche Sensibilität, aber auch Skepsis gegenüber der gesellschaftlichen Bedeutung der Technik (ebd. S. 457).
Die Genese des Selbstkonzepts, der beruflichen, fachlichen und emotionalen Interessen sowie der fachlichen Kenntnisse von Schülerinnen und Schülern wurde im Rahmen der Evaluation von Unterrichtseinheiten des Projekts Forschendes Lernen am Beispiel Faserverbundwerkstoffe (FoLF) untersucht (Aschenbrücker & Natterer 2018). Mittels Fragebögen wurden dabei Daten im Längsschnitt über mehrere Messzeitpunkte und über mehrere Schuljahre an Mittel-, Realschulen und Gymnasien erhoben. Im Kontrast zu Kontrollklassen, in denen angeleitet gelernt wurde, konnte in den Klassen von Mittel- und Realschulen, in denen forschend gelernt wurde, ein signifikanter Anstieg des methodisch-fachlichen Selbstkonzepts der Schülerinnen und Schüler festgestellt werden.
In einer Studie, die den Unterschieden beim technischen Interesse zwischen Jungen und Mädchen im Grundschulalter nachging, konnte Victoria Adenstedt (2018b) eine auch in anderen Studien nachgewiesene Spreizung bestätigen: Am Ende der Grundschulzeit erweisen sich die Jungen motivierter, wenn es um die Auseinandersetzung mit technischen Objekten geht. Die Ergebnisse nimmt die Autorin zum Anlass, auf die Rolle der Schulen beim Ausgleich sozialisationsbedingter Effekte hinzuweisen (ebd., S. 38).

8.3 Theoretische Basis für die Evaluationsstudie

Analysiert man Kompetenz- oder Lernzielerwartungen schulischer oder außerschulischer technischer Bildungsmaßnahmen, zeichnen sich verschiedene Globalintentionen ab. Ein Motiv ist beispielsweise, Kindern und Jugendlichen den Zugang zur Technik zu erleichtern, um so Einstellungsänderungen in Bezug auf technische Berufe und Studiengänge zu bewirken. Weitere

Ziele technikbezogener Bildungsangebote sind die Talentförderung oder die Steigerung des Technikinteresses von Jugendlichen. Unterlegt ist den meisten Absichtserklärungen zudem das Ziel, zur Mündigkeit der Zielgruppe gegenüber der Technik beizutragen (vgl. z.B. Schatz-Bergfeld, Bruns & Sessar 1995; Fiebig 2010; acatech 2011).

Technikmündigkeit: Das vorrangige Ziel der Allgemeinbildung wird oft mit dem Leitbild Mündigkeit charakterisiert. Sie gründet nach Heinrich Roth (1971, S. 180) auf drei Säulen: Auf der Selbst-Kompetenz, als der freien Verfügbarkeit über die eigenen Kräfte und Fähigkeiten für jeweils neue Initiativen und Aufgaben, auf der Sozial-Kompetenz, als der Fähigkeit, für sozial und politisch relevante Sach- und Sozialbereiche urteils- und handlungsfähig sein zu können und auf der Sach-Kompetenz, als der Fähigkeit, für Sachbereiche urteils- und handlungsfähig sein zu können.
Mündigkeit – um mit Wilhelm Ebert (1995, S. 178) zu argumentieren – integriert die Bereitschaft und Kraft, bequemer Hörigkeit zu widerstehen, selbst zu urteilen, zu prüfen, Informationen einzuholen, aber sich auch selbst Verzichte aufzuerlegen. Im hier fokussierten Gegenstandsbereich geht es um reflektierte und souveräne verhaltens- und handlungsrelevante Einstellungen und Haltungen in Bezug auf die Technik – also um Technikmündigkeit. Darunter lässt sich die Fähigkeit verstehen, sich selbstständig über technische Probleme und Entwicklungen zu informieren, technologische Entwicklungen grundsätzlich zu deuten, mit den technischen Geräten des Alltags umzugehen und sich ein eigenes Urteil über Chancen und Risiken der Technik zu bilden (vgl. acatech 2011, S. 110). Der Verein Deutscher Ingenieure bezeichnet Technikmündigkeit in einem Positionspapier aus dem Jahr 2012 (S. 3) als die Fähigkeit, technische Entwicklungen zu nutzen sowie deren Folgen für sich, die Gesellschaft und die Umwelt abschätzen und bewerten zu können.
Eine so verstandene Mündigkeit entscheidet souverän zwischen Nähe und Distanz zur Technik. Die Basis hierfür bildet zum einen ein hinreichendes Maß an Wissen über Technik, zum anderen aber auch über die eigene Person. Technikmündigkeit baut auf dem Vertrauen in das eigene technische Handlungsvermögen und integriert eine technikbezogene Sach-, Sozial- und Selbst-Kompetenz.
Die Zielvorstellung der Technikmündigkeit ist Auftrag, sich mit ihrer Genese und Ausformung weiter zu beschäftigen. Denn wie Heinrich Roth (1971, S. 100) postuliert, reicht es in Erziehung und Bildung ja nicht aus, allein an Freiheit, Selbstentscheidung und Selbstverantwortung zu appellieren, sondern es müssen belastbare wissenschaftliche Erkenntnisse vorliegen, wie sich jene Einsichten, Kräfte, Werkzeuge und Techniken anbahnen lassen, die letztlich eine solche Autonomie verantworten. Dass sich das „Selbst“ in der Auseinandersetzung mit dem anderen, mit der Welt wandelt, ist in der Pädagogik eine unumstößliche Gewissheit (vgl. Litt 1961, S. 93ff.). Genaueren Aufschluss darüber, wie sich der Blick auf das eigene Selbst durch Lernprozesse verändert, versprechen indes vor allem die Theorien, Methoden und Ergebnisse der psychologischen Selbstkonzeptforschung.

8.3.1 Das Selbstkonzept im Lernprozess

Die Bedingungen, Zustände und Auswirkungen der Beschäftigung mit der eigenen Persönlichkeit sind Gegenstand unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen. Während sich Pädagogik und Soziologie diesem Komplex überwiegend unter dem Identitätsbegriff annähern, ist der psychologische Fokus eher auf das „Selbst“ gerichtet.
Bei Konstrukten wie Haltungen und Einstellungen gegenüber „etwas“ bezieht sich die Genese entsprechender emotionaler Zustände und kognitiver Schemata auf das Verhältnis zu außerhalb der Person liegenden Umweltaspekten. Das Selbstkonzept-Konstrukt richtet den Blick dagegen vorrangig auf die emotional-kognitiven Einstellungen zur eigenen Person. Dass der Blick nach

außen stets durch den Blick auf das eigene Selbst gefiltert wird und sich das Selbst wiederum nur in der Auseinandersetzung mit dem Anderen – der Welt – entwickeln kann, ist die Grundlage für die Definition domänenspezifischer Selbstkonzepte.

Selbstkonzept – Deutung und Lernrelevanz: In Zusammenhang mit der psychologischen Analyse von Wahrnehmungen zur eigenen Persönlichkeit und zu individuellen Handlungsoptionen finden sich unterschiedliche Konstrukte. Eine gewisse Vorrangstellung in der Literatur scheint den beiden Aspekten Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit eingeräumt zu werden. Während mit Selbstkonzept alle Einschätzungen und Einstellungen in Bezug auf unterschiedliche Aspekte der eigenen Person bezeichnet werden, lässt sich die Selbstwirksamkeit als Überzeugung interpretieren, eine gegebene Aufgabe eines ganz bestimmten Niveaus erfolgreich bewältigen zu können (vgl. Möller & Trautwein 2015, S. 178f.). Trotz einzelner konzeptioneller Unterschiede lassen sich die Konstrukte nicht genau voneinander trennen. Mathias Brüll (2010, S. 24) beispielsweise sieht nach einer Analyse der einschlägigen Literatur etliche Überlappungen zwischen beiden Begrifflichkeiten. Eine ähnliche Einschätzung nimmt er in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Selbstkonzept und Selbstwertgefühl vor. Schöne, Dickhäuser, Spinath und Stiensmeier-Pelster (2003, S. 4) sehen dagegen in einer Differenzierung zwischen Selbstkonzept und Selbstwert nicht nur Vorteile bei der begrifflichen Klärung, sondern auch in Bezug auf Verhaltensvorhersagen und Interventionsstrategien. Fähigkeitsselbstkonzepte definieren sie eher als kognitiv-deskriptives Konstrukt, Selbstwert eher als affektiv-evaluative Größe. Zu theoretischer Unklarheit bei den Deutungen des Selbst einer Person trägt indes die Verwendung einer ganzen Reihe weiterer, auf das Selbst bezogener psychologischer Konstrukte bei, wie z.B. Selbstbewusstsein, Selbsteinschätzung, Selbstbeobachtung, Selbsterkenntnis oder Selbstkontrolle (vgl. Moschner & Dickhäuser 2018, S. 750). Mummendey (2006, S. 61) sieht in den verschiedenen Begriffen keine jeweils eigenständigen, distinkten Kategorien. Seiner Auffassung nach handelt es sich vielmehr um jeweils andersartige Gruppierungen, Kategorisierungen oder Etikettierungen psychischer Vorgänge, die jedoch alle die klassischen psychischen Funktionen wie Wahrnehmen, Beurteilen oder Erinnern mit integrieren würden.
Im Rahmen dieser Studie soll der Fokus auf das Konstrukt Selbstkonzept beschränkt bleiben. Damit werden alle auf die eigene Person bezogenen Gedanken und Gefühle zusammengefasst (Myers 2014, S. 567), die sich laut Mummendey (2006, S. 25) mit folgenden Fragen charakterisieren lassen: Wie nehme ich mich wahr, was denke ich über mich gegenwärtig, was für Erinnerungen habe ich an mich als Kind oder Jugendlicher, wie sehe ich mich in der Zukunft und welcher Mensch möchte ich zukünftig mit welchen Zielen und Werten sein? Die Elemente des individuellen Selbstkonzepts, also die spezifischen Überzeugungen, durch die sich eine Person selbst definiert, werden als Selbstschemata bezeichnet. Sie wirken moderierend auf unser Verhalten (Morf & Koole 2014, S. 153ff.). Im Bereich der pädagogischen Psychologie gelten Selbstkonzepte als zentrale motivationale Konstrukte. Neben Indikatoren für kognitive Kompetenzen, wie Intelligenz oder Vorwissen, wird das Selbstkonzept zu den Größen gezählt, die am engsten mit schulischen Lernleistungen korrelieren (Pekrun & Schiefele 1996, S. 160). Ein direkter Effekt auf die Leistung wird zwar ausgeschlossen, seine Wirksamkeit entfaltet das Selbstkonzept jedoch im Kontext komplexer intraphysischer Prozesse (Ulich & Jerusalem 1996, S. 195). Der aktuelle Stand der Forschung weist das Selbstkonzept zudem nicht als autonome, direkt wirkende Eigenschaft aus, sondern als mehrdimensionales Konstrukt, das kategorial und hierarchisch aufgebaut ist (vgl. Mummendey 2006, S. 205ff.).
In einem von Shavelson, Hubner und Stanton (1976) vorgestellten Modell wird ein globales Selbstkonzept definiert, dass sich absteigend in das nichtschulische (nichtakademische) und das schulische (akademische) Selbstkonzept ausdifferenzieren lässt. Das schulische Selbstkonzept wiederum kann nach diesem Ansatz fach- oder bereichsspezifisch unterteilt werden, z.B. in die Bereiche Deutsch, Mathematik, Naturwissenschaft oder eben Technik. In jedem Bereich wirken

sowohl deskriptiv-affektive Einschätzungen („Das macht mir Spaß“) als auch kognitiv-evaluative Feststellungen („Ich kann damit gut umgehen“). In den evaluativen Elementen drückt sich somit auch das Selbstwertgefühl einer Person aus (Amelang 2006, S. 406).
Im Unterschied zum Modell von Shavelson et al. (1976) mit seinem allgemeinen akademischen Selbstkonzept, das die verschiedenen Bereiche integriert, postuliert das durch Marsh, Byrne und Shavelson (1988) revidierte Konzept eine Aufteilung des akademischen Selbstkonzepts in zwei relativ eigenständige Bereiche und zwar ohne eine übergeordnete Komponente. Auf der zweiten Hierarchieebene unterhalb des allgemeinen Selbstkonzepts werden nun – neben dem nichtakademischen Bereich mit dem emotionalen, sozialen und physischen Selbstkonzept – sowohl der mathematische als auch der sprachliche Bereich des akademischen Selbstkonzepts verortet. Hierarchisch weiter absteigend differenzieren sich die beiden Selbstkonzeptbereiche in spezifische Fähigkeitskonzepte. Aus dieser Modellvorstellung resultiert die Feststellung, dass es anders als bei einem rein hierarchischen Modell durchaus zu unterschiedlichen, nämlich bereichsabhängigen Ausprägungen des akademischen (schulischen) Selbstkonzepts kommen kann und diese auch modifikationsfähig sind.
Aufgrund der unterschiedlichen, in den Selbstkonzeptmodellen ausgewiesenen Bereiche, stellt sich die Frage nach den gegenseitigen Abhängigkeiten bzw. Beeinflussungsrichtungen. Auch diesbezüglich existieren verschiedene Vorstellungen. So können die hierarchischen Modelle in Top-down oder Buttom-up Ansätze charakterisiert werden. Andere Überlegungen gehen nicht so sehr von Über- oder Unterordnung der verschiedenen Facetten, sondern von einer gegenseitigen Verstärkung aus (vgl. Mummendey 2006, S. 207ff.).

Selbstkonzept – Ursachen und Wirkungen: Wie der Blick auf gängige Selbstkonzeptmodelle deutlich macht, unterliegt das Konstrukt verschiedenen Einflüssen und zeitlichen Abhängigkeiten im Rahmen der individuellen Persönlichkeitsentwicklung.
Wahrnehmungen und Beurteilungen der eigenen Person beginnen recht früh und dauern ein Leben lang an. Der Aufbau des „Selbst“ ist im Wechsel von Introspektion und Interaktion zu sehen. Beeinflusst wird das Selbstkonzept einerseits von individuellen Kenntnissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Kompetenzen, Präferenzen und Persönlichkeitsbezügen und andererseits durch die unterschiedlichen Mitgliedschaften in sozialen Kategorien (Güttler 2003, S. 104). Aus den Einflussfaktoren resultieren interindividuelle und intraindividuelle Unterschiede bei den jeweiligen Selbstkonzepten. Generell gelten Selbstkonzepte zwar als relativ stabil, sind aber durchaus formbar (Rauthmann 2017, S. 329; Güttler 2003, S. 101; Hasselhorn & Gold 2013, S. 115). Veränderungen der Beurteilungen über die eigene Persönlichkeit ergeben sich im Lebenslauf ja allein schon deswegen, weil neue Bereiche, Themen oder Gegenstände ins Selbstkonzept aufgenommen werden, andere dagegen zurücktreten. An der Formung und Veränderung des Selbstkonzepts wirken körperliche Veränderungen, Umweltbedingungen oder die vom Individuum selbst bewirkten Veränderungen mit (Mummendey 2006, S. 88f.). Einen wesentlichen Einfluss auf die Bildung von Selbstüberzeugungen in einer bestimmten Domäne haben naturgemäß die dort gemachten Erfahrungen und erzielten Ergebnisse. Zur Genese des Selbstkonzepts tragen außerdem Leistungsrückmeldungen anderer oder Vergleiche mit anderen Personen bei (Hasselhorn & Gold 2013, S. 117). Positive Auswirkungen auf das Selbstkonzept bzw. auf Selbstwirksamkeitsüberzeugungen wird grundsätzlich folgenden Faktoren zugebilligt (vgl. Bandura 1993; Boekaerts 1998; Ryan 1991; Deci & Ryan 1993; Schunk & Zimmerman 1998):

- Subjektives Erleben von Autonomie,
- ein positives soziales Lernklima,
- eine kommunikative und kooperative Arbeitsatmosphäre,
- bewusst wahrgenommene erfolgreiche Handlungen mit internaler Attribuierung,
- Beobachtungen von erfolgreichen Modellpersonen.

Das Selbstkonzept wirkt seinerseits strukturierend auf Wahrnehmungen und die kognitive Einordnung von Erfahrungen. Damit nimmt es Einfluss auf lernrelevante Erfolgserwartungen, Ursachenklärungen und Attributionsmuster und beeinflusst die Leistung von Personen entweder positiv oder negativ (vgl. Baumert et al. 2001, S. 286; Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster 2003, S. 6f.). Die Verursachungsrichtung zwischen Selbstkonzept und Lernleistung ist jedoch nicht eindeutig bestimmbar, sondern muss innerhalb eines komplexen Wirkgefüges gesehen werden (vgl. Marsh & Retali 2012, S. 526f.; Hasselhorn & Gold 2017, S. 115). Die verschiedenen Voraussetzungen und Konsequenzen des fachbezogenen Selbstkonzepts nehmen die Erwartungs-Wert-Modelle von Eccles (1983) und Wigfield und Eccles (1992) in den Blick, die Möller und Trautwein (2014, S. 195) als Grundlage für eine eigene Darstellung der Zusammenhänge verwenden (s. Abb. 8.1).

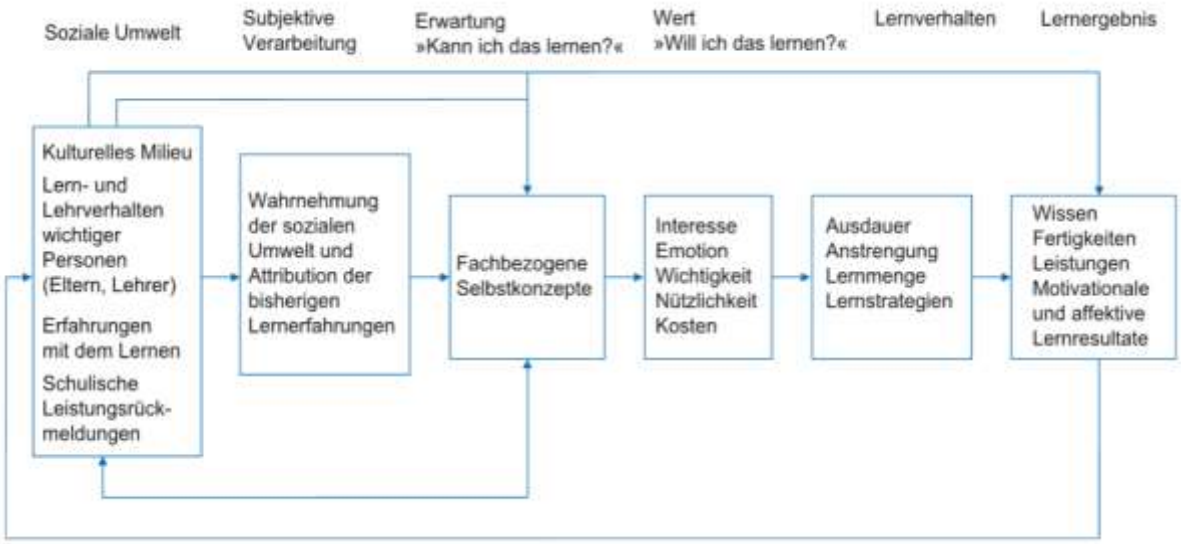

Abb. 8.1: Das Selbstkonzept als Mediator im Erwartungs-Wert-Modell (in Möller & Trautwein 2014, S. 195)

Das Erwartungs-Wert-Modell bietet eine Systematisierung derjenigen Faktoren, von denen angenommen wird, dass sie die Selbstkonzeptgenese beeinflussen. Überdies erlaubt es eine Vorhersage von leistungsthematischem Verhalten. Es zeigt, dass die Leistung in einem Fach von der Erwartung, dort erfolgreich sein zu können, ebenso profitiert, wie von Interessen oder Werthaltungen, die Schülerinnen und Schüler diesem Fach entgegenbringen. Deutlich wird zudem, dass neben den soziokulturellen Voraussetzungen positive Lern- und Leistungserfahrungen für die Genese des bereichsspezifischen Selbstkonzepts ausschlaggebend sind.
Somit kann gefolgert werden, dass das bereichsspezifische Selbstkonzept durch Leistungen in diesem Bereich modifiziert wird und dass es selbst wiederum bereichsspezifische Leistungen beeinflusst. Selbstkonzept und Leistung stehen daher in einem wechselseitigen, reziproken Zusammenhang (Valentine et al. 2004; Marsh & Craven 2006).

Förderung des Selbstkonzeptes als Ziel von Bildungsmaßnahmen: Der starke Konnex zwischen Selbstkonzept und Leistung ist Verpflichtung, der Ausbildung und Entwicklung des Selbstkonzepts in allen erziehlichen und unterrichtlichen Maßnahmen mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Das gilt auch und gerade für die naturwissenschaftlich-technische oder berufswahlvorbereitende Bildung. Es kann nämlich davon ausgegangen werden, dass Personen mit einem ausgeprägtem (Fähigkeits-)Selbstkonzept in diesen Bereichen neuen Inhalten mit größerer Aufgeschlossenheit und Interesse begegnen und ein breiteres Spektrum an Möglichkeiten

zur persönlichen Weiterentwicklung in den Blick nehmen (vgl. Rahn, Hartkopf & Buch 2017, S. 88).
Aufgrund der didaktischen Möglichkeiten und motivationalen Potenziale, die rechnergestützten Simulationen zugebilligt werden, gehört es mit zu einer der Hauptthesen der hier dokumentierten Untersuchung, dass diese Medien in Verbund mit adäquaten Lernszenarien und bei längerfristigem Einsatz einen positiven Einfluss auf das Selbstkonzept im Bereich Technik ausüben.

8.3.2 Das Technikbezogene Selbstkonzept (TSK)

Die durch biographische Episoden und soziale Gegebenheiten geformten Vorstellungen von der eigenen Person helfen bei der Erklärung eigener Verhaltensweisen und beeinflussen die Orientierung bei der Suche nach individuellen Wegen in die Zukunft. Aufgrund der Abhängigkeit der dem Selbstkonzept unterlegten Selbstschemata vom Erlebten und Erinnerten weisen sie jedoch in unterschiedlichen Domänen eine jeweils eigene Deutungskraft auf. Dies gilt auch und gerade für die Auseinandersetzung mit der Technik.

Technikbezogenes Selbstkonzept (TSK) – Operationalisierung: So wie sich die auf das Selbst bezogenen Einstellungen, Urteile und Werthaltungen bei jedem Individuum aus der Auseinandersetzung mit der sozialen und materiellen Umwelt formieren, so wirken sie ihrerseits wieder vermittelnd oder strukturierend auf die eigenen Fähigkeiten und Verhaltensoptionen im Umgang mit dieser Welt. Da ein wesentlicher Teil dieser Welt durch und über Technik repräsentiert wird, liegt die Vermutung nahe, dass sich diesbezügliche Einstellungen und Erfahrungen im biographischen Verlauf bei jedem Menschen zu einer habitualisierten Praxis verknüpfen, die von Wensierski (2015, S. 63) als technikkultureller Habitus bezeichnet wird. Den damit verbundenen Wahrnehmungen, Einstellungen, Urteilen und für möglich gehaltenen individuellen Handlungsoptionen in der Auseinandersetzung mit Technik wird wissenschaftlich unter Konstrukten wie Selbstwirksamkeit (*self-efficacy*), Selbsteinschätzung (*self-esteem*) und Selbstbeurteilung (*self-assessment*) nachgespürt. Aufgrund der bereits angesprochenen geringen Trennschärfe der verschiedenen Begriffe und des integrativen Charakters des Selbstkonzept-Konstrukts liegt der Fokus in dieser Arbeit auf dem Begriff des technikbezogenen Selbstkonzepts.
Inhaltlich und methodisch stützt sich die hier dokumentierte Untersuchung auf das von Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) vorgestellte Instrumentarium zur Messung des technikbezogenen Selbstkonzepts (TSK). Die Autorinnen verstehen das technikbezogene Selbstkonzept als Teil des akademischen bzw. schulischen Selbstkonzepts. In Anlehnung an das weiter oben bereits charakterisierte Drei-Komponenten-Modell von Rosenberg und Hovland (1960, S. 3), mit dem sich Einstellungen erklären und letztlich auch messen lassen sollen, wird das technikbezogene Selbstkonzept von Janneck et al. als Konglomerat von konativen, motivationalen und kognitiven Technikbezügen gesehen, die sich wechselseitig bedingen (Abb. 8.2).
Die konative Komponente umfasst die gesammelten Handlungserfahrungen, die eine Person bereits im Umgang mit der Technik gesammelt hat. Diese Erfahrungen sind zum einen die Ursache für das jeweils ausgeprägte Selbstkonzept, aber gleichzeitig auch eine Dimension. Erwartet werden kann daher, dass Personen ihr Verhalten gegenüber der Technik an eben diesen Erfahrungen auch wieder ausrichten. Die motivationale Komponente beinhaltet die emotionalen und inhaltsspezifischen Motive, die für die Auseinandersetzung mit Technik verantwortlich sind. Während der emotionale Aspekt durch Skalen zu Technikfaszination („Affekt“) und „Technikangst“ repräsentiert wird, weisen die Skalen „Verstehen“, „Gestalten“ und „Anwenden“ eher auf den intentionalen Teil der Motive hin, der für das Interesse und die Auseinandersetzung mit der Technik steht. Die kognitive Komponente integriert zum einen die subjektiv

wahrgenommene Kompetenz und Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf die Techniknutzung und zum anderen die internalen und externalen Ursachenzuschreibungen bei technischen Problemen (Vincent & Janneck 2012, S. 57).

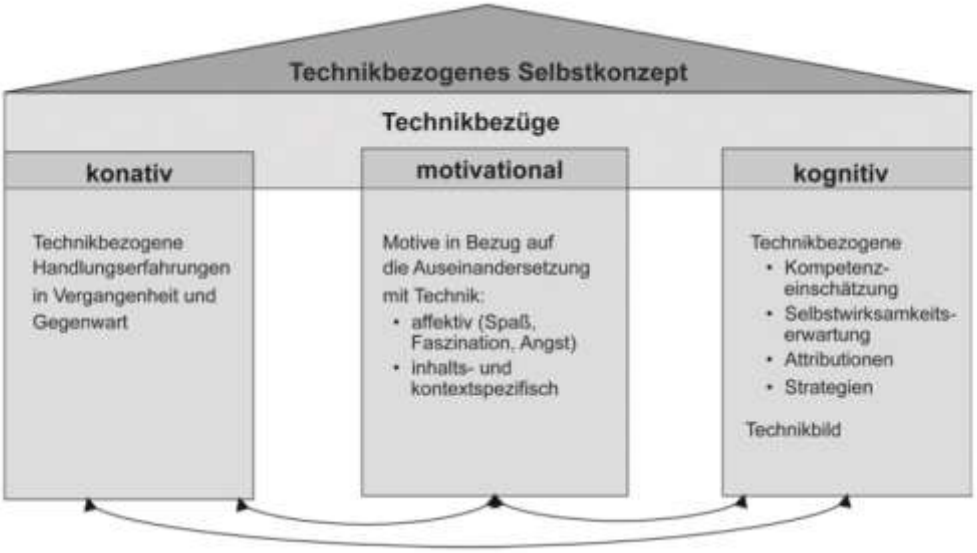

Abb. 8.2: Modell des technikbezogenen Selbstkonzepts (Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012, S. 293)

Die Grundlage für die von Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) vorgestellten Skalen und Items zur Erfassung des technikbezogenen Selbstkonzepts bildeten umfangreiche Vorarbeiten. An eine Literaturstudie schloss sich eine mehrstufige Erhebung an. In deren Verlauf wurden zunächst qualitativ Interviews (N= 35) durchgeführt. Der dann konstruierte Fragebogen wurde anschließend quantitativ getestet (N = 916 bzw. N= 1142). Bei der Zielgruppe handelte es sich vorwiegend um Personen aus technik-naturwissenschaftlichen Berufen.
Für Untersuchungen zum technikbezogenen Selbstkonzept liegt damit ein Fragebogen vor, dem die Autorinnen insgesamt eine zufriedenstellende Konstrukt- und Kriteriumsvalidität bescheinigen. Der TSK-Fragebogen enthält 12 Skalen (Teilaspekten) mit insgesamt 30 Items (Fragen) (s. Anlage 1).

8.4 Untersuchungs- bzw. Forschungsdesign

Forschung erfolgt mit dem Ziel, die Realität empirisch zu erfassen. Zu diesem Zweck haben sich verschiedene Wege oder Konzeptionen etabliert, die heute entweder mit dem Etikett quantitative oder qualitative Forschung versehen werden. Wie Hans Oswald (2013, S. 186) bemerkt, verdeckt diese Unterscheidung, dass es sich dabei nicht um sich ausschließende Typen wissenschaftlicher Forschung handelt, sondern dass beide Ansätze viele Gemeinsamkeiten oder auch Kombinationsmöglichkeiten aufweisen.

Gründe für ein quantitatives und qualitatives Design: Die Qualität von E-Learning-Angeboten mittels quantifizierender Wirkungsforschung über Tests oder Befragungen zu erheben, hat Tradition, ist jedoch – wie im Abschnitt 8.2 bereits ausgeführt – mit etlichen Problemen behaftet. Sie liegen vor allem darin begründet, dass die Qualität eines Lernprozesses dem Gravitationsfeld unterschiedlichster Gegebenheiten unterliegt. Ein ausschließlich quantitativer An-

satz ist besonders dann problematisch, wenn es darum geht, unterschiedliche subjektive Einschätzungen nicht nur festzustellen, sondern in ihrer Bedingtheit zu erfassen. Gegenteilige Beurteilungen von befragten Personen können sich nämlich allein schon aufgrund unterschiedlicher individueller Vorstellungen oder differierender Engagements ergeben, die sich durch die Vorgabe extern definierter Maßstäbe kaum aufdecken lassen. Nach Ansicht von Arnold et al. (2018, S. 395f.) sollte die Evaluation digitaler Bildungsangebote in jedem Fall auf qualitative Maßnahmen bzw. auf einer Selbstevaluation der Beteiligten setzen. Allerdings sind direkt erhobene Äußerungen und Reflexionen von Menschen über die eigenen Gefühle oder das eigene Verhalten ebenfalls noch keine Garantie für stichhaltige Ergebnisse. Auch sie unterliegen verschiedenen Einflüssen und Effekten. Bei solchen handelt es sich beispielsweise um die unbewusste Dominanz oder Unterdrückung einzelner Aspekte, die Abhängigkeit von der speziellen Situation oder um die Neigung, sich grundsätzlich zu positiv einzuschätzen (Morf & Koole 2014, S. 144f.).

Die im Rahmen der Studie beabsichtigte Messung des Selbstkonzepts hat daher ebenfalls mit methodologischen Problemen zu kämpfen. Eine davon ist, dass für die Überprüfung der Gültigkeit der individuellen Aussagen kaum Außenkriterien zur Verfügung stehen. Sinnvoll ist daher lt. Mummendey (2006, S. 215) eine Spiegelung der Urteile an andersartig gewonnenen Selbsteinschätzungen der gleichen Person. Auch ganz grundsätzlich werden Zweifel geäußert, ob der komplexen Struktur von Selbstkonzepten mit Versuchsplänen beikommen ist, die auf vorher definierten Konstrukten bauen. Ein größeres Gewicht müsse – so die Kritiker – vielmehr auf die Analyse narrativer Elemente bzw. auf der Untersuchung der Sprache gelegt werden (vgl. Gergen 1984, S. 100).

Die aufgeführten Probleme waren Gründe, die Untersuchung zu einer möglichen Wirkung der simulativen Elemente auf das technikbezogene Selbstkonzept auf zwei Arten durchzuführen. Einem empirisch-quantitativen Ansatz folgend wurden Daten mit einem standardisierten Messinstrument erhoben. Einem qualitativen Ansatz folgend, wurden die motivationalen Orientierungen und kognitiven Einschätzungen beim Umgang und Lernen mit den Medienelementen mittels Lerntagebüchern erfasst (vgl. Mayring 1990).

8.4.1 Quantitativer Zugang

Das Ziel empirischer Forschung ist es, Phänomene in unserer Welt auf der Grundlage methodisch kontrollierter Beobachtungen zu beschreiben, zu ordnen und zu quantifizieren. Weiter dient empirische Forschung dazu, Theorien zu formulieren oder Regeln aufzustellen, durch die diese Phänomene erklärt und vorhergesagt werden können (Rost 2005, S. 14).

8.4.1.1 Theoretische Vorüberlegungen des quantitativen Ansatzes

Technisierung, Digitalisierung und Medieneinflüsse in Arbeit, Beruf und Freizeit wirken als Katalysatoren auf pädagogisch-didaktische Prozesse und fordern u.a. eine deutlichere Professionalisierung des Bildungspersonals. Auftrag für die wissenschaftliche Forschung ist es, die Praxis durch valide Forschungsergebnisse zu unterfüttern.

Die dazu notwendigen Erkenntnisse können über erfahrungswissenschaftliche oder über hermeneutische Ansätze gewonnen werden. Angesichts des komplexen und sich ständig wandelnden Beziehungsgeflechts, in dem sich Lehr- und Lernprozesse in schulischen oder außerschulischen Kontexten immer wieder aufs Neue bewähren müssen, können die darauf bezogenen Fragestellungen nicht abschließend beantwortet werden. Daher ist es erforderlich, dass bereits aufgestellte Erkenntnisse, Modelle und Theorien an neuen Entwicklungen überprüft und ggf. durch neue Ansätze ergänzt oder ersetzt werden. Quantitative empirische Forschung versucht hierbei, zu möglichst objektiven Aussagen zu kommen.

Forschungsmethodisch kann das hier beschriebene Vorhaben als Evaluationsforschung charakterisiert werden, bei der es um den Nachweis einer Wirkungshypothese im Rahmen einer experimentellen Studie geht. Dazu wird eine Befragung durchgeführt. Ausgangspunkt für die Studie ist eine angenommene Beziehung zwischen dem Einsatz einer bestimmten medialen Repräsentationsform (unabhängige Variable) und technikbezogenen Einstellungen, Haltungen oder Selbsteinschätzungen. Sie werden im technikbezogenen Selbstkonzept zusammengefasst (abhängige Variable). Da die Simulationen bzw. simulativen Elemente über einen längeren Zeitraum eingesetzt werden sollten, um auf diese Weise die Modifikation selbst stabiler Einstellungen und Haltungen zu ermöglichen, wurde die Studie im Rahmen der universitären Lehre durchgeführt. Mit den Studierenden, die überwiegend ein Lehramt für die Mittelschule mit dem Studienfach Arbeitslehre anstreben, wurde eine Zielgruppe erfasst, die später selbst Bildungsaufgaben im Rahmen technischer Bildung übernehmen soll.

8.4.1.2 Forschungsdesign

Für eine Analyse der Effekte von Simulationen auf lernrelevante Einstellungen einer bestimmten Zielgruppe können grundsätzlich verschiedene Vorgehensweisen und Designs in Betracht gezogen werden. Soll die Studie zu generalisierbaren Ergebnissen führen, kommt der Kontrolle der inneren und äußeren Validität in jedem Fall eine große Bedeutung zu. Die Validität gibt an, ob ein Instrument das misst, was er messen soll. Sie ist vor allem von der Qualität des Untersuchungsdesigns und dessen Umsetzung abhängig. Es gilt, mögliche Störvariablen soweit als möglich zu kontrollieren.

Kontrolle untersuchungsbedingter Störvariablen: Soll für die interessierenden Effekte einer Untersuchung ein Kausaleinfluss der unabhängigen Variable(n) auf die abhängigen Variable(n) nachgewiesen werden, müssen alternative Ursachen soweit als möglich ausgeschlossen werden (vgl. Rost 2005, S. 86; Döring & Bortz 2016, S. 97). Die Ursachen für Einschränkungen der Validität können nach Campbell und Stanley (1970) unterschiedlicher Natur sein. Gerade bei Vorher-Nachher-Messungen können verschiedene Effekte relevant werden. Dazu zählen zum Beispiel außerhalb der Versuchsbedingungen liegende Effekte, wenig vergleichbare Untersuchungsgruppen, Reifungsprozesse, statistische Regressionseffekte, ein Ausfall von Versuchspersonen durch das Treatment sowie Lerneffekte in Bezug auf das Testinstrumentarium (vgl. Döring & Bortz 2016, S. 103). Die Kontrolle untersuchungsbedingter Störvariablen erfordert in der Regel eine Entscheidung zwischen einer Labor- oder einer Felduntersuchung.
Eine Untersuchung mit Laborcharakter verspricht zwar eine wirkungsvollere Eliminierung untersuchungsbedingter Störvariablen und damit eine eindeutige Interpretation der Ergebnisse. Was einerseits ein hohes Maß an interner Validität garantiert, weil plausible Alternativerklärungen auf diese Weise ausgeschlossen werden können, führt andererseits möglicherweise zu relativ unnatürlichen Versuchsbedingungen. Sie bergen ihrerseits die Gefahr, die externe Validität, also die Übertragbarkeit der Ergebnisse, zu reduzieren. Angesichts dieser Auswirkungen auf Gültigkeitskriterien stellen Versuchspläne in der Regel Kompromisse dar (vgl. Bortz & Schuster 2010, S. 8).

Kontrolle personenbedingter Störvariablen: Um die in einer Studie untersuchten Variablenzusammenhänge als kausale Ursache-Wirkungszusammenhänge interpretieren zu können, muss neben die Kontrolle untersuchungsbedingter Störvariablen ein Ausschluss personenbedingter Störvariablen treten. Dazu zählen zum Beispiel psychologische Konstrukte wie Intelligenz und Motivation oder auf die Personen wirkende Sozialisationsvoraussetzungen. Die Stellschraube für eine Kontrolle dieser Einflüsse ist die Wahl eines Untersuchungsplanes, der einen statistischen Fehlerausgleich erlaubt. Für die Messung von Effekten aufgrund einer bestimmten Intervention sind grundsätzlich verschiedene Untersuchungspläne denkbar (vgl. Rost 2005, S.

94ff.; Döring & Bortz 2016, S. 202):

- Ein „vor“experimentelles Design mit einem Messwiederholungsdesign in Form einer Ein-Gruppen-Pretest-Posttest-Untersuchung. Dabei werden die interessierenden abhängigen Variablen vor der Intervention (Pretest oder Prätest) und nach der Intervention (Posttest) gemessen.
- Ein „quasi“experimentelles Design mit Testung zweier unterschiedlich behandelter Gruppen ohne Randomisierung der Zuordnung der Teilnehmer zu den Gruppen
- Ein experimentelles Design mit Testung zweier unterschiedlich behandelter Gruppen und Randomisierung der Zuordnung der Teilnehmer zu den Gruppen.

Um die Validität eines Evaluationsdesigns zur Messung von Effekten eines Lerntreatments zu erhöhen, sind wiederholende Messungen sowie die Bildung von Kontrollgruppen unter dem Ceteris-Paribus-Prinzip obligatorisch. Damit Differenzen zwischen Experimental- und Kontrollgruppen mit dem Treatment – und nicht mit anderen Einflüssen – begründet werden können, müssen grundlegende präexperimentelle Unterschiede der Gruppen ausgeschlossen werden. Während die Äquivalenz bei kleinen Gruppen vorab geprüft und ggf. aktiv hergestellt werden muss, wird sie bei experimentellen Untersuchungen mit großen Stichproben durch die Randomisierung gewährleistet. Theoretisch kann so auf Pretest-Messungen verzichtet und ein hypothesenkonformer Posttest-Unterschied als Bestätigung der Veränderungshypothese interpretiert werden (Döring & Bortz 2016, S. 728). Die Randomisierung ist zwar als Quasi-Standard bei Veränderungsmessungen zu werten, birgt jedoch selbst auch Störpotenzial. Die Zulosung zu bestimmten Gruppen kann nämlich zu einem Verlierer-Effekt führen, bei dem sich Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die nicht in die vermeintlich attraktivere Gruppe gewählt wurden, benachteiligt fühlen (Häder 2010, S. 345).

Gewähltes Untersuchungsdesign: Um mögliche Messeffekte zu kontrollieren, wird bei Vergleichsdesigns immer wieder auf den Solomon-Viergruppenplan verwiesen (Solomon 1949), bei dem zwei Programme bei zwei Gruppen jeweils mit und ohne Vortest durchgeführt werden (vgl. Rindermann 2002, S. 323; Rost 2005, S. 110). Da sich ein derartiges Design jedoch nur schwer organisieren lässt, wurde für die Studie ein experimentales Design mit randomisierter Gruppenzugehörigkeit sowie Pre- und Posttest gewählt (s. Abb. 8.3).

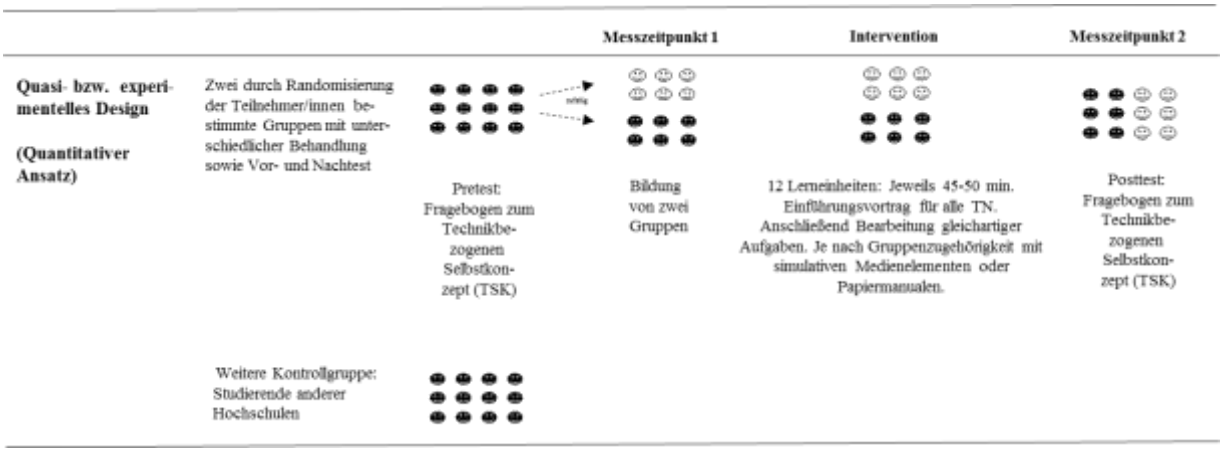

Abb. 8.3: Untersuchungsdesign der Befragung

Evaluationsprozess: Vorrangiges Ziel der Studie war der Nachweis von Effekten auf das Technikbezogene Selbstkonzept durch den Einsatz unterschiedlicher Lernmaterialien. Untersucht

werden sollte hierzu die Wirkung simulativer Elemente im Vergleich zu klassischem Lernmaterial in Form von Papiermanualen. Die simulativen Elemente waren Teil eines rechnergestützten Kurses zu den „Grundlagen der Technik“, der vom Autor für die Virtuelle Hochschule Bayern entwickelt wurde. Dieser Kurs wird jedes Semester für bayerische Studierende mit Lehramt Mittelschule und Unterrichts- oder Didaktikfach Arbeitslehre angeboten und ist in 12 Lerneinheiten unterteilt.
Im Rahmen der Studie wurde der Kurs an zwei Universitäten (Eichstätt und Augsburg) nicht virtuell, sondern in Form einer Präsenzveranstaltung mit Selbstlernphasen angeboten. Für die Studie wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Kurses zu Beginn und am Ende der Veranstaltungsreihe gebeten, einen online zur Verfügung stehenden Fragebogen zum technikbezogenen Selbstkonzept auszufüllen (s. Anhang). Nach dem Pretest wurden die Studierenden für den weiteren Verlauf der Veranstaltung zufällig in zwei feste Gruppen aufgeteilt[51]. Jede Seminareinheit lief nach einem festen Schema ab: Eingangs erfolgte eine etwa 30-45-minütige Einführung in das jeweilige Thema im Vorlesungsstil anhand des Kursmaterials. Dann wurde das Seminar in die beiden ausgelosten Gruppen aufgeteilt, um jeweils gleiche Aufgaben zu bearbeiten, die sich inhaltlich auf die Lerneinheit bezogen. Während die eine Gruppe die Aufgaben unter Nutzung des rechnergestützten Materials und der simulativen Apps aus dem Kurs bearbeiten sollte, bekam die andere Gruppe jeweils Papierausdrucke der Kurseinheiten. Darin enthalten waren statische Abbildungen der relevanten Zustände aus den simulativen Apps und Animationen. Aufgabenart und Informationsumfang waren für alle Studienteilnehmer gleich. Der verwendete Fragebogen war Lehramtsstudierenden mit dem gleichen Studienfach auch an anderen bayerischen Universitäten zugänglich, soweit sie den entsprechenden online-Kurs belegt hatten. Aufgrund der freiwilligen Bearbeitung des Fragebogens durch diese Studierenden konnten weitere Daten gewonnen werden.

8.4.2 Qualitativer Zugang

Die Richtkraft der Interpretation von Daten auf der Grundlage eines analytisch-szientistischen Ansatzes wird etwa seit den 1980er Jahren kritisch diskutiert. Seit geraumer Zeit nehmen die Zweifel zu, ob eine allein an der statistischen Repräsentanz bzw. Relevanz orientierte Forschung in jedem Fall belastbare Belege dafür liefern kann, dass die Forschungsgegenstände tatsächlich in ihren inneren Zusammenhängen erfasst wurden. Es muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass die erhobenen Zahlen eine tatsächlich nicht vorhandene Objektivität der Ergebnisse suggerieren, die ggf. dann zu falschen Schlüssen verleitet (vgl. Lamnek 2005, S. 4).
Die Individualität des Menschen, die Wandelbarkeit sozialer Ordnungen sowie die subkulturelle Fragmentierung der Lebensbereiche sind Gründe, die dafür sprechen, sowohl der Kontextualität der Untersuchungssituation als auch der Subjektivität der Probanden mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Um näher an die Menschen mit ihren individuellen Sinnzuschreibungen und Interpretationsleistungen heranzurücken, hat sich daher neben der quantitativen Herangehensweise in verschiedenen Disziplinen ein auf der Auswertung qualitativen Materials basierender interpretativer Ansatz als gleichberechtigt etabliert (vgl. Mayring 1990; Reichertz 2015; Schumann 2018).
Gebündelt können beide Ansätze zur kumulativen Validierung von Forschungsergebnissen beitragen. Denn während quantitative Verfahren vor allem dabei helfen, überindividuelle Strukturzusammenhänge aufzuzeigen, die von den Individuen nicht bewusst wahrgenommen werden, liegt die Stärke qualitativer Verfahren darin, subjektive Sinnsetzungen, Relevanzhorizonte und Handlungsorientierungen der Akteure im Forschungsprozess aufzudecken, die zuvor einer theoretischen Annahme nicht zugänglich waren (Kelle & Erzberger 2015, S. 304ff.).

[51] https://www.randomizer.org/

Die Möglichkeiten eines solchen Zugangs zu den subjektiven Einschätzungen sollten auch im hier dokumentierten Vorhaben nicht ungenutzt bleiben. Bevor das qualitative Design des Forschungsprojekts jedoch näher erläutert wird, soll zunächst ein kurzer Blick auf grundlegende theoretische Positionen qualitativer Forschung geworfen werden. Neben allgemeinen Postulaten qualitativer Forschung werden sowohl gängige sozialwissenschaftliche Ansätze der Textauswertung als auch methodologische Prinzipien qualitativer Evaluationsforschung skizziert.

8.4.2.1 Theoretische Grundlagen des qualitativen Ansatzes

Postulate, Prinzipien und Säulen qualitativer Forschungsansätze: Qualitative Forschungsansätze konstituieren sich auf der Grundlage eines humanistischen, von der Einzigartigkeit eines jeden Menschen überzeugten Menschenbildes (vgl. Schumann 2018, S. 167). Zum theoretischen Unterbau eines solchen Forschungsansatzes hat u.a. Philipp Mayring (1990; 2016) wichtige Beiträge geliefert und formuliert 5 eher abstrakte Postulate qualitativen Denkens (2016, S. 20ff.):
Postulat 1: Gegenstand humanwissenschaftlicher Forschung sind immer Menschen, Subjekte. Die von der Forschungsfrage betroffenen Subjekte müssen Ausgangspunkt und Ziel der Untersuchung sein.
Postulat 2: Am Anfang einer Analyse muss eine genaue und umfassende Beschreibung (Deskription) des Gegenstandsbereiches stehen.
Postulat 3: Der Untersuchungsgegenstand der Humanwissenschaften liegt nie völlig offen, er muss immer auch durch Interpretation erschlossen werden
Postulat 4: Humanwissenschaftliche Gegenstände müssen immer möglichst in ihrem natürlichen, alltäglichen Umfeld untersucht werden.
Postulat 5: Die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse human- wissenschaftlicher Forschung stellt sich nicht automatisch über bestimmte Verfahren her; sie muss im Einzelfall schrittweise begründet werden.

Auch die von Siegfried Lamnek (2005, S. 20ff.) formulierten Prinzipien qualitativer Sozialforschung verstehen sich als Zusammenfassung einer grundlegenden Programmatik. Ein erstes Prinzip ist die Offenheit des Forschers gegenüber den Untersuchungspersonen, den Untersuchungssituationen und den Untersuchungsmethoden. Dieses Prinzip bringt es mit sich, dass ein qualitativer Ansatz nicht so sehr als Hypothesen prüfendes, sondern als Hypothesen generierendes Verfahren zu betrachten ist. Empirische Forschung versteht sich des Weiteren immer auch als Kommunikation zwischen Forscher und zu Erforschendem. Die Interaktionsbeziehungen gelten außerdem als konstitutiver Bestandteil des Forschungsprozesses. Sowohl der Forschungsgegenstand als auch der Akt des Forschens werden dabei als Prozess gesehen. Der Forschungsgegenstand ist damit veränderlich, der Akt des Forschens veränderbar. Empirische Forschung ist außerdem reflexiv in Gegenstand und Analyse und der Sinnzuweisung zu Handlungen, also auch im Analyseprozess. Dieser ist dem jeweiligen symbolischen oder sozialen Kontext der Erscheinung verpflichtet. Als weiteres Prinzip nennt Lamnek die Explikation der Einzelschritte des Forschungsprozesses. Sie gilt ihm nicht als Garantie für die Interpretationen, sondern soll lediglich ihre Nachvollziehbarkeit und damit die Intersubjektivität des Forschungsergebnisses sichern helfen. Generell sollte sich der gesamte Forschungsprozess als flexibel erweisen und zwar im Hinblick auf die Situation und die Relation zwischen Forscher und Beforschtem (ebd., S. 27).
Während die von eben formulierten Postulate und Prinzipien als Fundament qualitativer Forschungsansätze zu verstehen sind, zielen die nachfolgend aufgeführten 13 Säulen qualitativen

Denkens von Mayring (2016, S. 24ff.) auf Differenzierungen der Postulate mit dem Ziel ab, Forschungsprozess und Methoden bereits näher zu konkretisieren:

1. Einzelfallbezogenheit: Im Forschungsprozess müssen immer auch Einzelfälle mit erhoben und analysiert werden, an denen die Adäquatheit von Verfahrensweisen und Ergebnisinterpretationen überprüft werden kann.
2. Offenheit: Der Forschungsprozess muss so offen dem Gegenstand gegenüber gehalten werden, dass Neufassungen, Ergänzungen und Revisionen sowohl der theoretischen Strukturierungen und Hypothesen als auch der Methoden möglich sind, wenn der Gegenstand dies erfordert.
3. Methodenkontrolle: Der Forschungsprozess muss trotz seiner Offenheit methodisch kontrolliert ablaufen, die einzelnen Verfahrensschritte müssen expliziert, dokumentiert werden und nach begründeten Regeln ablaufen.
4. Vorverständnis: Die Analyse sozialwissenschaftlicher Gegenstände ist immer vom Vorverständnis des Analytikers geprägt. Das Vorverständnis muss deshalb offengelegt und schrittweise am Gegenstand weiterentwickelt werden.
5. Introspektion: Bei der Analyse werden auch introspektive Daten als Informationsquelle zugelassen. Sie müssen jedoch als solche ausgewiesen, begründet und überprüft werden.
6. Forscher-Gegenstands-Interaktion: Forschung wird als Interaktionsprozess aufgefasst, in dem sich Forscher und Gegenstand verändern.
7. Ganzheit: Analytische Trennungen in menschliche Funktions- bzw. Lebensbereiche müssen immer wieder zusammengeführt werden und in einer ganzheitlichen Betrachtung interpretiert und korrigiert werden.
8. Historizität: Die Gegenstandsauffassung im qualitativen Denken muss immer primär historisch sein, da humanwissenschaftliche Gegenstände immer eine Geschichte haben, sich immer verändern können.
9. Problemorientierung: Der Ansatzpunkt humanwissenschaftlicher Untersuchungen sollen primär konkrete, praktische Problemstellungen im Gegenstandsbereich sein, auf die dann auch die Untersuchungsergebnisse bezogen werden können.
10. Argumentative Verallgemeinerung: Bei der Verallgemeinerung der Ergebnisse humanwissenschaftlicher Forschung muss explizit, argumentativ abgesichert begründet werden, welche Ergebnisse auf welche Situationen, Bereiche, Zeiten hin generalisiert werden können.
11. Induktion: In sozialwissenschaftlichen Untersuchungen spielen induktive Verfahren zur Stützung und Verallgemeinerung der Ergebnisse eine zentrale Rolle, sie müssen jedoch kontrolliert werden.
12. Regelbegriff: Im humanwissenschaftlichen Gegenstandsbereich werden Gleichförmigkeiten nicht mit allgemein gültigen Gesetzen, sondern besser mit kontextgebundenen Regeln abgebildet.
13. Quantifizierbarkeit: Auch in qualitativ orientierten human-wissenschaftlichen Untersuchungen können – mittels qualitativer Analyse – die Voraussetzungen für sinnvolle Quantifizierungen zur Absicherung und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse geschaffen werden.

Sozialwissenschaftliche Ansätze der Textauswertung: Die oben skizzierten theoretischen Grundlagen machen deutlich, dass ein einheitliches und allgemein anerkanntes Vorgehen für die Datengewinnung, Datenaufbereitung und Auswertung allen qualitativ angelegten Forschungsvorhaben kaum gerecht werden kann. In vielen Fällen handelt es sich beim Ausgangsmaterial für qualitative Forschungsvorhaben jedoch um Dokumente und Texte, deren offene und verdeckte Informationen durch Codiervorgänge erschlossen werden können. Aufgrund der Relevanz für verschiedene Disziplinen und Praxisfelder haben sich daher unterschiedliche methodische Ansätze der Textauswertung etabliert. Die Intentionen und Vorgehensweisen für das Herausfiltern essentieller Sinnzusammenhänge unterschieden sich dabei jedoch erheblich.

Kuckartz (2010, S. 72) sieht die Ursache hierfür in den jeweils zugrundeliegenden theoretischen Ansätzen, die er folgendermaßen unterteilt:

- Theoretisches Codieren
- Thematisches Codieren
- Zusammenfassende qualitative Inhaltsanalyse
- Typenbildung und typologische Analyse

Theoretisches Codieren wird in engem Zusammenhang mit der von B.G. Glaser und A.L. Strauss entwickelten „*grounded theory*“ gesehen (vgl. Glaser & Strauss 1967; Glaser 1978), die anders als der kritische Rationalismus eine Konzeptbildung noch während der Datenerhebung zulässt. Hierbei fungiert das Codieren als theoriegenerierende Datenanalyse und nicht als Klassifizierung des Materials mittels vorher festgelegter Kategorien (vgl. Mayring 2016, S. 104; Kuckartz 2010, S. 74).
Ist Bezug auf Frage- bzw. Problemstellung bereits stärker konkretisiert zeigt sich das thematische Codieren. Diese Form des Kodierens entbehrt nach Ansicht von Kuckartz (2010, S. 84f.) einer einheitlichen Vorgehensweise und wird von Wissenschaftlern eher im Sinne einer Common-Sense-Technik angewendet, also ohne besondere methodische Begründungen und Rechtfertigungen. Flick (2011, S. 402ff.) schlägt hierzu ein dreistufiges Verfahren vor, dass ausgehend von der Analyse einzelner Fälle auf die Entwicklung eines Kategoriensystems setzt, das dann an allen weiteren Fällen überprüft und modifiziert wird. Eine mit fünf Stufen noch detaillierte Vorgehensweise stellt Schmidt (2017, S. 447ff.) vor: Durch intensives Lesen des Ausgangsmaterials werden anfangs Auswertungskategorien definiert, die anschließend zu einem Kodierleitfaden zusammengestellt werden. Nach der Kodierung des Materials anhand des Leitfadens sollen zunächst quantifizierende Materialübersichten erstellt werden, die dann Anhaltspunkte für eine nähere Einzelfallinterpretation liefern können.
Der Grundgedanke der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2016, S. 114ff.) ist es, Texte systematisch zu analysieren, indem das Material schrittweise mit einem theoriegeleitet am Material entwickelten Kategoriensystem bearbeitet wird. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Explikation zu, mit der durch Beiziehung textinterner oder -externer Informationen versucht wird, zu Paraphrasierungen und im weiteren Verlauf zu Kategorien zu kommen. Insbesondere der systematische Ansatz, nämlich Codierregeln und Kategorien zu definieren, unterscheidet diese Vorgehensweise von dem der *grounded theory* oder dem thematischen Codieren.
Die Identifikation von Haltungstypen steht im Mittelpunkt der Typenbildung und typologischen Analyse. Eine mögliche Vorgehensweise ist hier, zunächst über das Thematische Codieren zu Kategorien zu kommen, das Textmaterial anschließend zu dimensionieren und dann Typen zu bestimmen, anhand derer die Texte dann noch einmal typologisch interpretiert werden können (Kuchartz 2010, 97ff.).

Methodologische Prinzipien qualitativer Evaluationsforschung: Systematisch Informationen zu gewinnen, um damit Interventionen zu legitimieren und zu überprüfen und auf diese Weise letztlich auch ihren Wert zu bestimmen, ist eine grundsätzliche Aufgabe pädagogischer Evaluationsforschung (vgl. Hackl 2012, S. 185f.). Gemäß des speziellen, an der Subjektivität des Menschen ansetzenden Anspruchs, muss qualitative Evaluationsforschung besonderen methodologischen Prinzipien gerecht werden (Kardorff 2015, S. 245f.). Im Vordergrund qualitativer Evaluationsforschung steht bei der Auswahl der Fälle nicht primär der Nachweis statistischer Repräsentativität, sondern eine theoriegenerierende Auswahl der Untersuchungseinheiten. Anders als bei der Gegenüberstellung von Gruppen, kommt dem Vergleich kontrastierender Fälle eine besondere Rolle zu. Des Weiteren sollte dem formativen, also prozessbegleitenden, Evaluationsansatz ein Vorrang vor dem summativen, also ergebnisorientierten Ansatz, eingeräumt werden.

Das Ziel qualitativer Evaluationsforschung wird somit nicht in der abschließenden Repräsentation von in standardisierten Kennziffern aufgelösten Erlebens- und Handlungsdimensionen gesehen, sondern in der Rekonstruktion der individuellen Begründungsmuster und Handlungsstrategien. Hierzu gilt es, Narrationen über besondere Ereignisse, Wahrnehmungen und Gefühle als wichtige Indikatoren für Projektentwicklungen, Wahrnehmungs- und Deutungsmuster zu analysieren und anschließend auf Verallgemeinerung hin zu überprüfen. Spezifität steht nach Ansicht Kardorffs indes vor Generalisierbarkeit. Damit soll vor allem den Kontext- oder lokalen Bedingungen als vorrangigem Forschungsfeld entsprochen werden. Ein solcher methodologische Ansatz befördert und beabsichtigt damit auch bewusst Lehr- und Lernprozesse mit Rückkopplungsschleifen in das Forschungsfeld.

8.4.2.2 Forschungsdesign

Während über die quantitativ angelegte Vorher-Nachher-Messung grundsätzlichen Effekten durch das Lernen mit den Medienelementen auf das technikbezogene Selbstkonzept nachgespürt werden sollte, zielte die Auswertung der Lerntagebücher auch auf die Identifikation möglicher Ursachen solcher Veränderungen. Gemäß den Modellvorstellungen zu Einflüssen auf das Selbstkonzept werden diese Ursachen in motivationalen oder kognitiven Effekten der Arbeit mit den jeweiligen Medienelementen und Inhalten vermutet. Um Einstellungen bzw. Einschätzungen der an der Studie beteiligten Studierenden exakter auf Art und Inhalt der Lernmaterialien beziehen zu können, wurden sie daher gebeten, eine Art Arbeitsjournal bzw. Lerntagebuch zu führen, in dem neben den Arbeitsergebnissen aus den gestellten Aufgaben auch lernreflexive Einträge eingetragen werden sollten (vgl. Fischer & Bosse 2013, S. 875). Die Dokumente sollten jeweils am Ende der Seminareinheit oder innerhalb einer Woche in ein Lern-Management-System hochgeladen werden. Die nachfolgende Abbildung 8.4 zeigt das Forschungsdesign im Überblick.

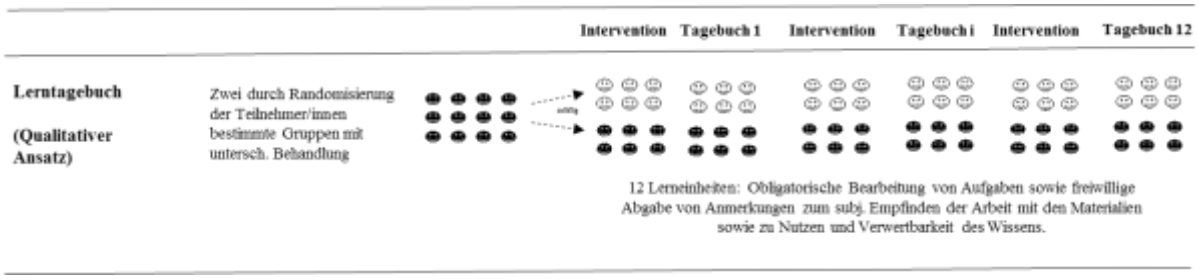

Abb. 8.4: Untersuchungsdesign mit Lerntagebuch

Struktur des Lerntagebuchs: Im Gegensatz zur *Grounded Theory*, bei der eine Hypothesenbildung zwangsläufig nicht schon vor der Datenerhebung erfolgen muss, zielten die Aufzeichnungen im Verlauf der Studie auf die Gewinnung zusätzlicher Erkenntnisse über Voraussetzungen und Genese des technikbezogenen Selbstkonzepts. Um diesem Zweck zu entsprechen, wurde den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine Dokumentenvorlage für die Lerntagebücher angeboten. Sie enthielt eine nicht verbindliche Stichwortliste, die die Studierenden einerseits ermutigen sollte, ihre Meinungen zu äußern, andererseits aber auch sicherstellen sollte, dass die Aussagen auf die für das Forschungsvorhaben relevanten Fragestellungen fixiert bleiben. Inhaltlich orientierten sich die Begriffe bzw. Kategorien an den theoretischen Ansätzen zur Analyse motivationaler Orientierungen und Facetten von Selbstkonzepten (vgl. Pekrun & Schiefele 1996; Möller & Trautwein 2014).

Die Dokumentenvorlage war in vier Teile gegliedert. Im ersten Abschnitt konnten die Studierenden die Ergebnisse der Aufgaben eintragen, die sie unter Verwendung entweder des Manuals oder des rechnergestützten Kursmaterials während der einzelnen Kurseinheiten erarbeiten sollten. Im sich anschließenden Abschnitt sollten sie Einschätzungen zum Erleben des Lernprozesses mit den jeweiligen Lernmaterialien bzw. Medien notieren. Die Begriffe in dieser Rubrik zielten auf motivationale bzw. deskriptiv-affektive Einschätzungen der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer. Die Stichwörter des Abschnittes „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens" sollten die Studierenden dagegen dazu veranlassen, Medienarbeit und Inhalte eher aus der kognitiv-evaluativen Blickrichtung zu beurteilen. Der vierte Abschnitt ließ Raum für weitere Bemerkungen (s. Tab. 8.1.)

Tab. 8.1: Gliederung des Lerntagebuchs

1. Wichtige Inhalte und Erkenntnisse aus der Lerneinheit bzw. Aufgabenstellung
2. Erleben des Lernprozesses • Interesse • Motivation • Zugang • Lernhilfe • Schwierigkeit • Freude • Lernklima • Lernerfolg • Anschaulichkeit
3. Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens • Transfer • Technikzentrierte Gesellschaft • Alltag • Lehrer für Wirtschaft und Beruf
4. Weitere Bemerkungen (hier nicht weiter berücksichtigt) • Fragen/Ungeklärtes • Anregungen

„Thematisches Codieren" als methodischer Ansatz: Mit der inhaltlichen Festlegung auf Stichwortlisten bzw. der sich anschließenden Interpretation der Lerntagebücher auf der Grundlage eines aus theoretischen Vorüberlegungen resultierenden Kategoriensystems lehnt sich die Vorgehensweise am Ansatz der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (1990) an. Nicht die neue Theoriegewinnung, sondern die Überprüfung der zentralen Forschungshypothese ist das vorrangige Ziel der Auswertung. Methodisch entspricht dies dem sogenannten „thematischen Kodieren" (Hopf & Schmidt 1993; Kuckartz 2010, S. 84).
In Anlehnung an den Vorschlag von Christiane Schmidt (2017, S. 454f.), wurden die Auswertungskategorien ausgehend vom vorgegebenen Kategoriensystem festgelegt und das Material dann anhand eines Kodierleitfadens kodiert. Die Ergebnisse wurden anschließend in quantifizierenden Übersichten zusammengestellt. Bei der quantitativen Analyse des Textmaterials stehen noch nicht die Texte selber, sondern die Häufigkeiten der Codierungen im Mittelpunkt. Derartige Auswertungen der Codierungen lassen zwar nicht unbedingt valide Aussagen über die Relevanz der Kategorien zu, allerdings ist die Frequenzanalyse eine Möglichkeit, Unterschiede und Auffälligkeiten im Datenmaterial zu identifizieren (Kuckartz 2010, S. 118). Quantifizierende Analysen werden von Schmidt (2017, S. 455) daher lediglich als Zwischenschritt

betrachtet, die der weiteren Analyse des Materials dienen. Denn jenseits der fokussierten Kategorien gilt es, in den von den beteiligten Personen skizzierten Wahrnehmungen und Gefühlen bestimmte, vorher nicht mitgedachte Wahrnehmungs- und Deutungsmuster zu identifizieren.
Für die Interpretation der in den Dokumenten zum Ausdruck kommenden intersubjektiven Einschätzungen zu Medien, Lernprozess und Inhalten wird das von Kuckartz (2010, S. 108) als Text-Retrieval bezeichnete Verfahren angewendet. Im Mittelpunkt steht dabei zunächst die Analyse von Gemeinsamkeiten der Aussagen zu einzelnen Kategorien. Die Gegenüberstellung von Textstellen gleicher Kategorien anhand der Selektionskriterien Arbeit mit/ohne simulative Elemente oder männlich/weiblich erlaubt eine Kontrastierung von Fällen.

8.5 Darstellung und Ergebnisse der quantitativen Untersuchung

8.5.1 Ziele der Studie und zentrale Hypothesen

Vorrangiges Ziel der Interventionsstudie war die Gewinnung von Erkenntnissen zur Wirksamkeit simulativer Medienelemente in Bezug auf eine Veränderung des Technikbezogenen Selbstkonzepts (TSK). Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Annahme, dass der Einsatz dieser Medienelemente aufgrund des Realitätsbezugs und der besonderen Interaktions- und Erprobungsmöglichkeiten im Vergleich zu statischen Lernmaterialien deutliche Effekte auf technikbezogene Einstellungen herbeiführt und somit letztlich positiv auf technikbezogene Lernprozesse einwirkt.

Zentrale Hypothesen für die Befragung: Die entscheidende Frage der quantitativen Untersuchung lautet, ob sich bei einem Vergleich der abhängigen Stichproben zu den zwei Messzeitpunkten die zentralen Tendenzen der Skalen für das Technikbezogene Selbstkonzept (TSK) voneinander unterscheiden. Die zweiseitige Formulierung der Unterschiedshypothese lautet:

H_0: Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept ändern sich durch die Arbeit mit dem simulativen Kursmaterial nicht.
H_1: Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept ändern sich durch die Arbeit mit dem simulativen Kursmaterial.

8.5.2 Stichprobe und Versuchsdurchführung

Die mit der Studie beabsichtigten Erkenntnisse zielen auf einen Nachweis von Effekten auf technikbezogene Selbsteinschätzungen durch den Einsatz spezifischer Medienelemente in formellen Bildungsprozessen. Die Größe der damit adressierten Grundgesamtheit verlangt nach Auswahl einer Stichprobe. Aus ökonomischen Gründen wurde die Stichprobe aus Lehramtsstudierenden gezogen, die durch die verpflichtende Teilnahme an einer universitären Lehrveranstaltung zu den „Grundlagen der Technik“ bereits vorgruppiert war. Es handelte sich dabei um einen Kurs im Rahmen des Lehramtsstudiums für die Mittelschule mit dem Didaktikfach Arbeitslehre.
Grundlage für die Untersuchungsmethodik war die Manipulation des zur Verfügung gestellten Lernmaterials. Während eine Gruppe kursbezogene Aufgaben unter Heranziehung simulativer Medienelemente lösen sollte, wurde der anderen Gruppe statisches Material in Form von Manualen zur Bearbeitung der gleichen Aufgaben zur Verfügung gestellt. Für die Gewinnung quantitativer Daten zur statistischen Überprüfung der Unterschiedshypothese wurde eine Vorher-Nachher-Messung durchgeführt. Zur Anwendung dabei kam eine Online-Version des von Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) entwickelten TSK-Fragebogens. Der Zugang zu dem mit LimeSurvey erstellten Fragebogen erfolgte über das Lern-Management-System Ilias, in das auch der Online-Kurs „Grundlagen der Technik“ eingestellt ist. Der Kurs, in dem sich die simulativen Medienelemente befinden, ist an verschiedenen bayerischen Hochschulen fest im Curriculum für Lehramtsstudierende im Bereich Mittelschule mit dem Unterrichts- bzw. Didaktikfach Arbeitslehre verankert. Es kann aber auch im Rahmen von Wahl- oder Wahlpflichtangeboten von Studierenden anderer Studiengänge belegt werden. Der Kurs erstreckt sich über 12 Lerneinheiten, die von den Studierenden i.d.R. selbstgesteuert durchgearbeitet werden müssen. Die Leistungsfeststellung erfolgt über die Abgabe von Aufgaben, die wöchentlich anzufertigen sind und dann in das Lernmanagementsystem hochgeladen werden müssen. Aufgrund des bayernweit für Studierende möglichen Zugangs zum Kurs der Virtuellen Hochschule Bayern (vhb) wurde der damit transportierte Fragebogen auch von Studierenden anderer

Hochschulen zu Beginn des Semesters bearbeitet.
Für die Studie selbst wurden die Materialien des Kurses im Rahmen einer Präsenzveranstaltung genutzt. Um eine ausreichende Datenbasis zu schaffen, wurde das Veranstaltungsformat an zwei Universitätsstandorten (Eichstätt und Augsburg) und in zwei aufeinanderfolgenden Sommersemestern (SS 2016, SS 2017) wiederholt. Mögliche Störfaktoren sollten durch eine identische Durchführung der Kurse weitestgehend ausgeschlossen werden. Der Ablauf aller vier Kurse erfolgte daher in gleicher Weise: Jeweils zu Beginn und zum Ende des Semesters bearbeiteten die Studierenden den Fragebogen. Außerdem wurden zu Beginn des Semesters in jedem Kurs jeweils zwei Gruppen gebildet, deren Mitglieder – um systematisch ausgeprägte präexperimentelle Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen auszuschließen – durch Randomisierung bestimmt wurden.
Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Präsenzkurse erhielten in jeder der 12 Kurslektionen eingangs einen etwa 40minütigen Vortrag zu den jeweiligen Themen. Dieser wurde multimedial anhand der Materialien aus dem rechnergestützten Kurs unterstützt. Im verbleibenden Teil der Veranstaltung (ca. 50 Minuten) erarbeiteten die Studierenden dann Aufgaben, die die Inhalte wiederholen und vertiefen sollten. Für die Aufgabenlösung konnte eine Gruppe von insgesamt 41 Studierenden auf das rechnergestützte Kursmaterial und die darin enthaltenen simulativen Elemente zugreifen (TN mit Simulationen). Die andere Gruppe mit insgesamt 34 Studierenden sollte die Aufgaben dagegen zeitgleich mit textuell bzw. bildlich ausgestatteten Skripten bzw. Manualen lösen (TN mit stat. Material). Die ungleiche Gruppengröße ergab sich durch den Kursabbruch etlicher Teilnehmerinnen und Teilnehmer während des laufenden Semesters. Beide Mediennutzungsgruppen weisen damit jedoch in etwa die Gruppengröße auf, die beispielsweise von Rost (2005, S. 75) für Mittelwertuntersuchungen noch als adäquat bezeichnet wird.
Vortrag und Bearbeitung der Aufgaben fanden in Eichstätt in beiden Semestern jeweils in einem Rechnerraum statt, in dem die Studierenden, die mit den rechnergestützten Simulationen arbeiteten, den hinteren Teil des Raumes zugewiesen bekamen, die Studierenden mit Manualen den vorderen Teil. In Augsburg wurde der Einführungsvortrag in einem Seminarraum gehalten. Die getrennte Bearbeitung der Aufgaben erfolgte direkt im Anschluss an den Vortrag ebenfalls in zwei Rechnerräumen, von denen nur einer für die Arbeit mit den simulativen Elementen zugelassen war.
Die Ergebnisse der Aufgaben sowie die subjektiven Einschätzungen der Studienteilnehmer zur Arbeit mit den Materialien (Lerntagebuch) sollten – um eine einheitliche Auswertung sicherzustellen – über eine zur Verfügung gestellt Dokumentenvorlage jeweils spätestens bis zum Ende der Woche in das Lern-Management-System des Kurses hochgeladen werden. Die Studierenden waren zwar angehalten, Aufgaben und Lerntagebücher selbstständig zu erstellen, Arbeitspartnerschaften wurden jedoch nicht unterbunden. Die Fragebogenbearbeitung sowohl zu Beginn des Semesters, als auch am Ende erfolgte dagegen individuell, jeweils an einem einzelnen Rechner.
Tabelle 8.2 führt die Anzahl der an der Studie beteiligten Personen auf, unterteilt nach beiden Mediennutzungsgruppen (TN SIM: N = 41; TN MAN: N = 34). Aufgeführt sind zudem die Studierenden anderer Hochschulen, die den Fragebogen zu Beginn des Semesters, also zum Messzeitpunkt A bearbeitet haben (N=138).

Tab. 8.2: Anzahl der Teilnehmenden an der Befragung getrennt nach Gruppen

	Häufigkeit	Prozent
TN SIM	41	19
TN MAN	34	16
TN nur MZP A	138	65
Gesamt	213	100

Frauen sind in Lehramtsstudiengängen überrepräsentiert (s. Klika 2007, S. 105). Dies gilt auch für die Teilnehmenden an der Studie, die sich vorrangig aus Studierenden für das Lehramt Mittelschule mit dem Fach Arbeitslehre rekrutierten. Die Geschlechterverteilung der Stichprobe – bezogen auf die jeweilige Gruppe – zeigt Tabelle 8.3.

Tab. 8.3: Geschlechterverteilung der Teilnehmenden an der Befragung getrennt nach Gruppen

	TN SIM	TN MAN	nur MZP A	Gesamt
weiblich	23	21	95	139
männlich	18	13	43	74
Gesamt	41	34	138	213

Fasst man alle Teilnehmenden der Umfrage nach Altersgruppen zusammen, zeigt sich, dass sich der Großteil der Studierenden in einer Altersspanne zwischen 20 und 25 Jahren befindet (Tab. 8.4). Das durchschnittliche Alter betrug 23,58 Jahre.

Tab. 8.4: Altersverteilung aller Teilnehmenden an der Befragung

Alter in Jahren	Häufigkeit
Unter 20	11
20-25	153
Über 25	48
Fehlende Angabe	1
Gesamt	213

Das Durchschnittsalter der Studierenden in den beiden Experimentalgruppen lag mit 24,23 etwas höher als der Durchschnitt aller Teilnehmenden an der Befragung zusammen. Die Altersverteilung der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 8.5: Altersverteilung der Teilnehmenden an der Interventionsstudie

Alter in Jahren	Häufigkeit	Prozent
Unter 20	5	7
20-25	49	65
Über 25	21	28
Gesamt	75	100

8.5.3 Deskriptive und interferenzstatistische Datenanalyse

Die Auswertung der quantitativen Daten erfolgte rechnergestützt unter Zuhilfenahme der Software SPSS (*Superior Performance Software System*).

Berechnung von Cronbachs Alpha: Die verwendeten TSK-Skalen wurden auf interne Konsistenz überprüft. Die hierbei erreichten Werte können mit Ausnahme der Skala „Attribution external“ als zufriedenstellend bis gut bezeichnet werden (s. Tabelle 8.6). Für die weitere Auswertung der Daten wurden die Itemwerte für jede Skala zusammengefasst und der jeweilige Summenindex gebildet.

Tab. 8.6: Konsistenzwerte für die TSK-Skalen aus der Studienstichprobe

Skala	Itemzahl	Beispiel	Cronbach α
Erfahrung	3	Ich habe mich in der Kindheit und Jugend wenig mit Technik beschäftigt	.757
Affekt	2	Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik	.818
Verstehen	1	Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt	---
Gestalten	2	Ich beschäftige mich mit Technik, weil ich damit etwas gestalten kann	.752
Technikangst	3	Im Umgang mit technischen Geräten habe ich Angst, etwas falsch zu machen	.881
Anwenden	2	Technik ist für mich nur ein Mittel zum Zweck	.812
Kompetenz	3	Ich halte mich im Umgang mit technischen Geräten für sehr kompetent	.902
Selbstwirksamkeitserwartung	4	Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen	.906
Attribution (internal)	2	Wenn technische Probleme auftreten, liegt die Ursache in der Regel bei mir selbst	.918
Attribution (external)	2	Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich	.582
Strategien	1	Ich habe keine Scheu davor, neue technische Geräte einfach auszuprobieren	----
Technikbild	3	Den derzeitigen technischen Entwicklungen stehe ich kritisch gegenüber	.726

Deskriptive Datenanalyse: Um Daten bzw. Datenveränderungen grundsätzlich zu charakterisieren, eignen sich Diagramme und Lagemaße. Aufgrund der ordinalskalierten Daten ist das zu bevorzugende Lagemaß der Median. In der nachfolgenden Dokumentation werden teilweise auch Mittelwerte ausgewiesen. Dies soll einen Vergleich der Daten mit anderen wissenschaftlichen Studien ermöglichen.

Datenqualität: Für statistische Rückschlüsse von empirisch erhobenen Daten auf die Grundgesamtheit ist die Art der Verteilung der Daten von Bedeutung. Um statistische Verfahren anzuwenden, die auf Mittelwertberechnungen und Varianzen beruhen, sind die Daten auf Normalverteilung zu überprüfen. Die im Rahmen der Studie erhobenen Skalenwerte wurden daher mit dem Kolmogoroff-Smirnov-Test[52] auf eine mögliche Normalverteilung hin überprüft (vgl. Döring & Bortz 2016, S. 476). Nur bei der Skala zur Kompetenz konnte zum Messzeitpunkt B die Nullhypothese beibehalten werden, was bedeutet, dass die Werte der Normalverteilung nahekommen. Da außerdem kleine sowie ungleiche Stichprobengrößen vorliegen, wurden für alle Hypothesenprüfungen non-parametrische Verfahren verwendet (vgl. Sedlmeier & Renkewitz 2008, S. 581).

Hypothesenprüfung für unabhängige und verbundene Stichproben: Bei statistischen Tests zur Hypothesenprüfung werden Prüfgrößen berechnet und mit den Werten verglichen, die erwartet würden, wenn die Nullhypothese wahr wäre. Bei den verwendeten non-parametrischen Verfahren wird diese Teststatistik nicht über die direkt beobachteten Werte ermittelt, sondern über daraus abgeleitete Rangzahlen. Durch die Zuordnung von Rangplätzen wird eine künstliche Äquidistanz zwischen den Werten erzeugt, die dann weitere mathematische Operationen ermöglicht (Rasch 2014, S. 94). Für die Überprüfung der Messwerte auf Abweichungen zwischen den zentralen Tendenzen wurden verschiedene non-parametrische Verfahren verwendet. Für Homogenitätstests in Bezug auf die technikbezogenen Selbsteinschätzungen zwischen verschiedenen Gruppierungen aus der Stichprobe kamen sowohl der Kruskal-Wallis-Test für mehrere unabhängige Stichproben, als auch der U-Test für zwei unabhängige Stichproben von Mann-Whitney[53] zum Einsatz. Mit dem Wilcoxontest wurden Tendenzverschiebungen innerhalb der Gruppen überprüft.

Kruskal-Wallis-Test
Beim Kruskal-Wallis-Test wird geprüft, ob sich mehr als zwei unabhängige Stichproben in ihrer zentralen Tendenz voneinander unterscheiden. Dazu werden die Beobachtungen zunächst rangiert und anschließend Rangsummen gebildet. Aus den Rangsummen wird die Teststatistik berechnet. Die Verteilung dieses H-Wertes nähert sich bei ausreichend großer Gruppengröße der Chi-Quadrat-Verteilung an. Überschreitet der H-Wert den kritischen Chi-Quadrat-Wert so ist das Ergebnis signifikant (vgl. Clauß & Ebner 1979, S. 345ff.; Rasch 2014, S. 107). Bezogen auf den Kruskal-Wallis-Test lauten die zentralen Hypothesen:

H_0: Der empirische H-Wert ist kleiner als der kritische Wert.
(Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept zwischen den Gruppen weisen in Bezug auf Medieneinsatz oder Geschlecht keine Unterschiede auf.)

H_1: Der empirische H-Wert ist größer als der kritische Wert.
(Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept zwischen den Gruppen weisen in Bezug auf Medieneinsatz oder Geschlecht Unterschiede auf.)

[52] SPSS-Menü: Analysieren > Nichtparametrische Tests > Eine Stichprobe
[53] Der Mann -Whitney-U-Test ist identisch mit dem Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben, der auch Wilcoxon-Rangsummen-Test genannt wird. Der Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben wird dagegen auch Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test genannt.

Mann-Whitney U-Test
Der Mann-Whitney U-Test ist ein Verfahren zur Auswertung eines Zwei-Gruppen-Experiments, dessen Bedingungen sich in einer unabhängigen Variable unterscheiden. Die Werte beider Gruppen werden hier zunächst in eine Rangreihe gebracht. Die weitere Auswertung der Daten beruht auf den Rangplätzen der Messwerte. Ermittelt werden die Summen der Rangplatzüberschreitungen (U) und der Rangplatzunterschreitungen (U‘) zwischen den Gruppen. Bei Gültigkeit der Nullhypothese ist zu erwarten, dass beide Werte annähernd gleich sind. Die Mann-Whitney-U-Statistik ist die kleinere dieser beiden Zahlen (vgl. Bortz & Schuster 2010, S. 130ff.; Rasch 2014, S. 94). Bezogen auf den U-Test von Mann-Whitney lauten die zentralen Hypothesen:

H_0: Es gibt genauso viele Rangplatzunter- wie Rangplatzüberschreitungen.
(Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept zwischen den Gruppen weisen in Bezug auf Medieneinsatz oder Geschlecht keine Unterschiede auf.)

H_1: Die Anzahl der Rangplatzüberschreitungen weicht stark von der Anzahl der Rangplatzunterschreitungen ab.
(Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept zwischen den Gruppen weisen in Bezug auf Medieneinsatz oder Geschlecht Unterschiede auf.)

Wilcoxontest
Für die Überprüfung von Skalenwertverschiebungen innerhalb der Gruppen infolge des unterschiedlichen Medieneinsatzes kam der Wilcoxontest[54] zum Einsatz (vgl. Bortz & Schuster 2010, S. 133; Clauß & Ebner 1979, S. 245ff.). Im Rahmen des Tests wird geprüft, ob die zentralen Tendenzen zweier abhängiger Stichproben verschieden sind bzw., ob sich die Verteilungen der Grundgesamtheiten zweier Stichproben bezüglich ihrer Lage unterscheiden. Der Wilcoxon-Test verwendet hierfür die Ränge der Messwertdifferenzen der beiden Variablen (nachher-vorher). Dazu werden die Differenzen zunächst nach ihren absoluten Beträgen in eine Rangreihe gebracht. Diese Ränge werden dann nach dem Vorzeichen der ursprünglichen Differenzen in negative, positive Ränge und Rangbindungen (Nulldifferenzen) sortiert. Für die negativen und positiven Ränge werden nachfolgend Rangsummen und mittlere Ränge gebildet. Ist die Anzahl der Nulldifferenzen groß, weist dies bereits auf die Richtigkeit von H_0 hin. Trifft die Nullhypothese tatsächlich zu, sollte die gleiche Anzahl an positiven und negativen Differenzen auftreten und die Rangsummen sollten ungefähr von den Beträgen (T = T‘) her gleich sein (Siegel 2001, S. 73). Anders bei der Alternativhypothese, bei der sowohl die Anzahl der Differenzen als auch die Rangsummen variieren müssen. Der vom Betrag her kleinere Wert der Rangsummen ist der Testwert des Wilcoxon-Tests. Unter der Annahme von H_0, also dass die Stichproben aus Populationen mit gleicher zentraler Tendenz stammen, würde man als T-Wert die halbe Summe aller Rangplätze erwarten. Je deutlicher der empirische T-Wert von diesem Mittelwert abweicht, umso geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Unterschied zufällig zustande gekommen ist (Bortz & Schuster 2010, S. 133; Rasch u.a. 2014, S. 105)[55]. Bezogen auf den Wilcoxon-Test lauten daher die zentralen Hypothesen:

H_0: Die Rangsummen der positiven und negativen Messwertdifferenzen innerhalb der Versuchsgruppen sind gleich Null.
(Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept ändern sich durch die Arbeit mit dem simulativen Kursmaterial nicht.)

[54] SPSS-Menü:Analysieren > Nichtparametrische Tests > Alte Dialogfelder > Zwei verbundene Stichproben (Optionen > Exakt). (bei n < 30).
[55] s. auch http://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse/unterschiede/zentral/wilkoxon.html#21

H_1: Die Rangsummen der positiven und negativen Messwertdifferenzen innerhalb der Versuchsgruppen unterscheiden sich signifikant.
(Die zentralen Tendenzen der Skalenwerte für das Technikbezogene Selbstkonzept ändern sich durch die Arbeit mit dem simulativen Kursmaterial.)

Wegen der kleinen Stichprobenumfänge im vorliegenden Fall wird teilweise die exakte Signifikanz berechnet. Als Grenze für die Entscheidung der statistischen Signifikanz bzw. einer Ablehnung von H_0 gilt für alle Berechnungen: $p < 0{,}05$

Effektstärken: Mit dem Signifikanzniveau wird die Wahrscheinlichkeit definiert, eine vorher festgelegte Annahme fälschlicherweise abzulehnen. Eine Signifikanz deutet auf Unterschiede in den erhobenen Daten hin. Darüber, ob der mit diesem Unterschied festgestellte Effekt tatsächlich auch eine „praktischen Bedeutsamkeit“ besitzt, sagt die Signifikanz jedoch nichts aus. Sie ist nämlich von der Stichprobengröße abhängig. Je größer die Probandenzahl, desto eher weist der statistische Signifikanztest eine Gruppendifferenz als bedeutsam aus. Um die Bedeutsamkeit eines Differenzergebnisses zu beurteilen, können sogenannte Effektgrößen bzw. Effektstärken berechnet werden (Rost 2005, S. 172 ff.; Döring & Bortz 2016, S. 668f.). Die Effektstärke bezieht sich auf die Stärke eines Effekts unter der Annahme, dass die Alternativhypothese zutrifft. Die Angabe der Effektstärken gilt innerhalb der Sozialwissenschaften zunehmend als wichtige Kenngröße.
Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Effektstärke zu ermitteln. Zu den bekanntesten zählen die Effektstärke von Cohen (*d*) und der Korrelationskoeffizient (*r*) von Pearson. Für die vorliegenden Daten eignet sich der Korrelationskoeffizient, da sich die Gruppengrößen nicht stark voneinander unterscheiden. Anderenfalls wird empfohlen, *d* von Cohen zu wählen, da *r* durch die Größenunterschiede verzerrt werden kann. Für die Charakterisierung der damit ermittelten Effektstärkengrößen in der Forschungspraxis gilt die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführte Klassifikation (Döring & Bortz 2016, S. 820).

Tab. 8.7: Richtwerte für die Interpretation von Effekten (Döring & Bortz 2016, S. 820)

Effektgrößenmaße	Kleiner Effekt	Mittlerer Effekt	Großer Effekt
d Maß von Cohen	.20	.50	.80
Bivariater Korrelationskoeffizient r	.10	.30	.50

Das Effektstärkemaß *r* kann aus den Prüfgrößen *z* der Hypothesentests berechnet werden. Aufgrund der nichtparametrischen Teststatistik, die beim Wilcoxon Test mit den Medianen arbeitet, wird die Effektgröße *r* aus der standardisierten Teststatistik (*z*) und der Fallzahl (*N*) berechnet (Rosenthal & DiMatteo 2001, S. 72).

$$r = \frac{z}{\sqrt{n}}$$

Mit
r = Effektstärke
n = Stichprobengröße
z = standardisierter Wert der Prüfgröße

8.5.3.1 Charakterisierung der Stichproben

Für die Einschätzung der Bedeutung der Ergebnisse aus den erhobenen Daten spielt die Frage der Repräsentativität der Stichprobe eine wichtige Rolle. Bei den an der Studie beteiligten Studierenden handelte es sich um Lehramtsstudierende mit dem Didaktikfach Arbeitslehre. Wie oben erwähnt, waren neben diesen Studierenden zum Messzeitpunkt A auch die Teilnehmenden des bayernweit angebotenen online-Kurses „Grundlagen der Technik" aufgefordert, sich an der Umfrage zu beteiligen. Da es sich hier ebenfalls fast ausnahmslos um Lehramtsstudierende handelte, kann diese Personengruppe für Vergleiche zur Studienstichprobe herangezogen werden. Eine genauere Analyse dieser Kontrollgruppe nach Studienstandorten ergab, dass sie sich überwiegend aus Studierenden der traditionell für das Studium des Mittelschullehramtes starken Universitätsstandorte Regensburg und Würzburg rekrutierte. Zusammen mit den Teilnehmenden der Studie an den Universitäten Augsburg und Eichstätt konnte daher zum Messzeitpunkt A ein Großteil der Lehramtsstudierenden im laufenden Studiengang mit dem Studienfach Didaktik der Arbeitslehre erfasst werden.
In Abbildung 8.5 sind die Mittelwerte der TSK-Skalen aller Studienteilnehmer zum Messzeitpunkt A (N= 75), sowie die der Vergleichsgruppe (Studierende anderer Hochschulen zum Messzeitpunkt A, N= 137) abgebildet. Als Referenzwerte sind zudem die Mittelwerte der Skalen aus der Studienstichprobe von Vincent und Janneck (2012) eingefügt. Die Gegenüberstellung der Skalenmittelwerte zeigt nur geringe Abweichungen zwischen der Studienstichprobe und der Vergleichsgruppe aus Studierenden anderer Hochschulen. Neben diesem Vergleich der Mittelwerte lässt sich der Nachweis, dass die Gruppenstichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen, auch durch einen Hypothesentest führen. Dazu wurden die zentralen Tendenzen der Skalenwerte des TSK-Fragebogens zum Messzeitpunkt A mittels des Kruskal-Wallis-Test[56] abgeglichen. Der Vergleich der Werte der Gruppen (TN SIM, TN MAN, TN nur MZP A) untereinander ergab keine signifikanten Unterschiede bei den zentralen Tendenzen der einzelnen Skalen.
Gruppiert man dagegen alle zum Messzeitpunkt A vorhandenen Daten nach Geschlecht, bestätigen sich zumindest teilweise die in der Literatur ausgewiesenen Abweichungen für technikbezogene Selbsteinschätzungen. Bei einer Überprüfung der Nullhypothese in Bezug auf Geschlechterunterschiede innerhalb aller zum Messzeitpunkt A erfassten Studierenden mittels Mann-Whitney U-Test ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen allerdings nur bei vier von 12 Skalen (s. Tab. 8.8). Männer weisen sich mehr Erfahrung (U(138,74) = 4221.0 p =.036, r = .144), Kompetenz (U(138,74) = 3970.5, p = .007, r = .185) und Selbstwirksamkeit zu (U(138,74) = 3854.0, p = .003, r = .203) und weniger eigene Fehlerzuschreibungen im Umgang mit Technik beim Faktor „Attribution internal" zu (U(138,74) = 4161.0, p = .025, r = .0153).

[56] SPSS-Menü: Analysieren > Nichtparametrische Tests > Alte Dialogfelder > k unabhängige Stichproben

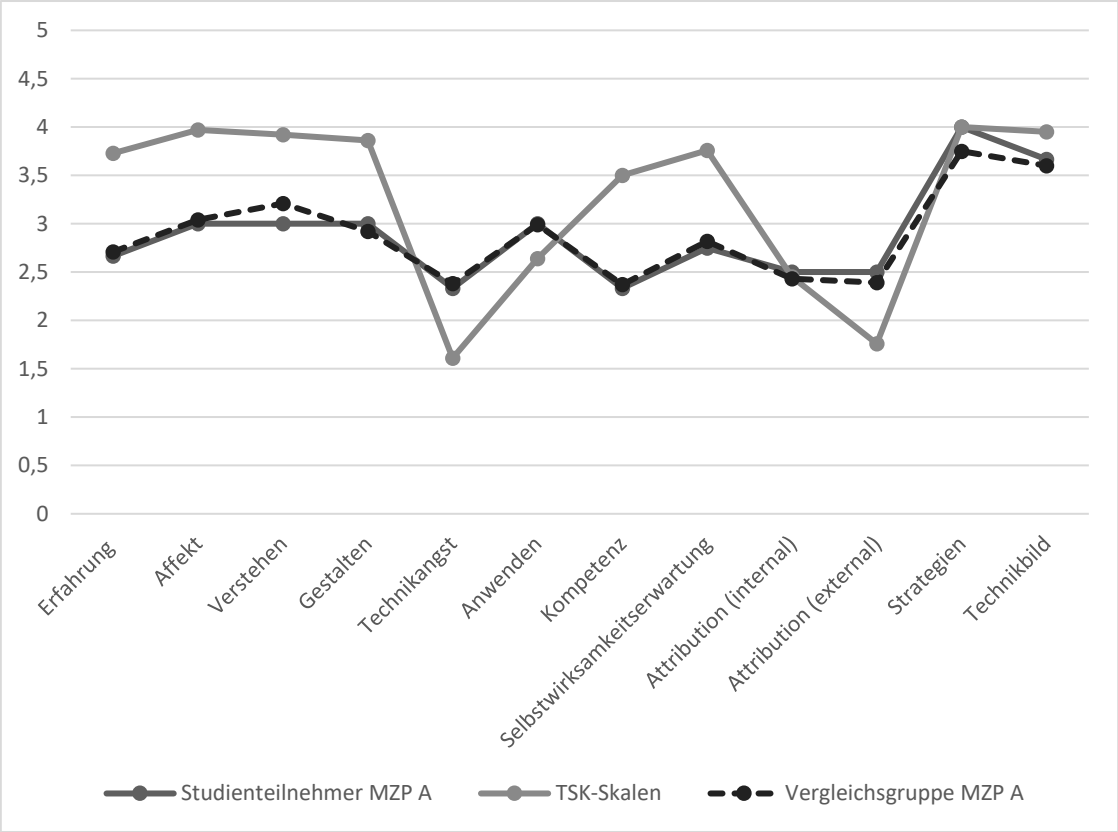

Abb. 8.5: Skalenmittelwerte der an der Studie beteiligten Studierenden (MZP A, N= 75) im Vergleich zu Studierenden anderer Hochschulen (MZP A, N= 137) und den Mittelwerten der TSK-Skalen (N=1142 bzw. $N_{Technikbild}$ = 600)

Tab. 8.8: Ergebnisse Mann-Whitney-U-Test und Effektstärken für die Gruppierung aller Teilnehmer an der Befragung nach Geschlecht zum MZP A

	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung_A	4221.0	13812.0	2.094	.036*	.144
Affekt_A	4468.0	14198.0	1.6	.11	.11
Verstehen_A	4609.5	14339.5	1.297	.195	.089
Gestalten_A	5129.5	7904.5	.032	.975	.02
Technikangst_A	4415.5	719.5	1.634	.102	.112
Anwenden_A	4913.5	14504.5	.296	.767	.02
Kompetenz_A	397.5	13561.5	2.689	.007**	.185
Selbstwirksamkeits-erwartung_A	3854.0	13445.0	2.953	.003**	.203
Attribution_internal_A	4181.0	13772.0	2.234	.025*	.153
Attribution_external_A	4485.0	726.0	1.492	.136	.102
Strategien_A	4899.5	7674.5	.514	.607	.035
Technikbild_A	4452.5	7227.5	1.476	.14	.102

*Anmerkungen: Gruppenvariable: Geschlecht. *p<.05. **P<.01*

Ein Vergleich der Mittelwerte für die Skalen des TSK-Fragebogens zeigt zudem, dass sowohl die Studierenden der Experimentalstudie als auch die Studierenden der Vergleichsgruppe die grundsätzliche Richtung der Einschätzungen der Stichprobe aus der Studie von Vincent und Janneck nachbilden, auf der die Erprobung und Validierung des Fragebogens gründet. Teilweise zeigen sich jedoch ausgeprägte Unterschiede. Sie können eventuell mit der Zusammensetzung der Stichprobe von Vincent und Janneck geklärt werden. Die Werte dort entstammen nämlich hauptsächlich der Befragung von Personen mit technischen Berufen, unter denen sich zwei Drittel Männer befanden. Nach Angaben der Autorinnen handelte es sich bei den Befragten überwiegend um Mitglieder des Bundesingenieurregisters bzw. um Personen aus technisch orientierten Unternehmen (Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012, S. 296). Eine Abweichung der Mittelwerte zwischen den Studierenden aus der vorliegenden Studie und den Werten der für das TSK-Konzept erhobenen Daten zeigt sich vor allem bei den Skalen „Erfahrung“, „Affekt“, „Verstehen“, „Gestalten“, „Technikangst“ sowie bei den Werten zur Einschätzung von „Kompetenz“ und „Selbstwirksamkeitserwartung“. Bemerkenswert nahe an den Werten der Personen aus überwiegend technischen Kontexten der TSK-Stichprobe liegen dagegen die Mittelwerte der Studierenden für die Skalen „Technikbild“, „Strategien“, „Attribution internal“, und „Anwenden“.

Um die Stichprobengröße und damit die Datenbasis der Studie zu vergrößern, wurde das Treatment nicht nur an zwei Hochschulen, sondern auch in zwei aufeinanderfolgenden Jahren wiederholt. Vergleicht man die an der Studie Beteiligten in den beiden Erhebungsjahren direkt (s. Tab. 8.9), zeigen sich zum Messzeitpunkt A, also zu Beginn des jeweiligen Sommersemesters, keine statistisch relevanten Unterschiede. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie aus dem SS 2016 attestieren sich etwas mehr Spaß bzw. Faszination im Umgang mit der Technik, als die im SS 2017 ($MW_{2016} = 3{,}25 > MW_{2017} = 3.0$). Ebenfalls etwas höher fallen die individuellen Einschätzungen der Beteiligten im SS 2016 zu Beschäftigung und Interesse in Bezug auf das Gestalten mit Technik aus ($MW_{2016} = 3{,}25 > MW_{2017} = 3.0$). Die etwas reserviertere Haltung der Studierenden aus dem Jahr 2016 zeigt sich zudem an den Skalen „Anwenden“ ($MW_{2016} = 2{,}75 < MW_{2017} = 3{,}0$), „Attribution internal“ ($MW_{2016} = 2{,}25 < MW_{2017} = 2{,}5$) und „Attribution external“ ($MW_{2016} = 2{,}0 < MW_{2017} = 2{,}5$).

Tab. 8.9: Lagemaße der Skalenmittelwerte getrennt nach Jahr der Datenerhebung, Messzeitpunkten sowie für alle Teilnehmenden an der Studie

		Erfahrung_A	Erfahrung_B	Affekt_A	Affekt_B	Verstehen_A	Verstehen_B	Gestalten_A	Gestalten_B	Technikangst_A	Technikangst_B	Anwenden_A	Anwenden_B	Kompetenz_A	Kompetenz_B	Selbstwirksam-keitserwartung_A	Selbstwirksam-keitserwartung_B	Attribution_inter-nal_A	Attribution_inter-nal_B	Attribution_exter-nal_A	Attribution_exter-nal_B	Strategien_A	Strategien_B	Technikbild_A	Technikbild_B
2016 N= 32	MW	2.81	2.92	3.25	3.39	3.34	3.50	2.98	2.81	2.49	2.22	2.97	2.64	2.35	2.75	2.79	3.07	2.34	2.50	2.17	2.19	3.97	3.94	3.70	3.63
	SD	1.01	0.79	1.08	0.91	1.07	1.14	1.05	0.93	0.92	0.96	0.92	0.96	0.82	0.97	0.78	1.00	0.81	0.92	0.73	0.75	0.93	1.01	0.81	0.63
	MED	2.83	3.00	3.25	3.50	3.00	3.00	3.25	2.75	2.50	2.00	2.75	2.50	2.33	2.67	2.75	3.50	2.25	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	3.67
2017 N= 43	MW	2.84	2.85	3.02	3.00	3.19	3.12	2.98	3.01	2.34	2.39	2.97	2.88	2.32	2.54	2.76	2.87	2.44	2.37	2.50	2.33	3.81	3.98	3.53	3.62
	SD	0.77	0.62	0.86	0.90	0.98	0.96	0.89	0.77	1.08	1.00	0.87	0.89	0.71	0.87	0.79	0.81	0.74	0.89	0.85	0.86	0.96	0.80	0.63	0.56
	MED	2.67	2.67	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.33	2.00	3.00	3.00	2.33	2.33	2.75	3.00	2.50	2.00	2.50	2.00	4.00	4.00	3.67	3.67
Insg. N=75	MW	2.83	2.88	3.12	3.17	3.25	3.28	2.98	2.93	2.40	2.32	2.97	2.78	2.33	2.63	2.77	2.95	2.40	2.43	2.36	2.27	3.88	3.96	3.60	3.62
	SD	0.87	0.69	0.96	0.92	1.01	1.05	0.95	0.84	1.01	0.98	0.88	0.92	0.76	0.91	0.78	0.89	0.77	0.90	0.81	0.81	0.94	0.89	0.71	0.59
	MED	2.67	2.67	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.33	2.00	3.00	3.00	2.33	2.67	2.75	3.00	2.50	2.00	2.50	2.00	4.00	4.00	3.67	3.67

8.5.3.2 Analyse von Messwertdifferenzen über alle Studienteilnehmenden hinweg

Ein Vergleich der Lagemaße der zu Beginn des Semesters erhobenen Daten aller Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer (Messzeitpunkt A, $N = 75$) mit denen am Ende des Semesters (Messzeitpunkt B, $N = 75$) deutet darauf hin, dass die intensive Beschäftigung der Studierenden mit Technik im Rahmen der universitären Lehrveranstaltung offensichtlich nicht zu größeren Veränderungen entlang der verschiedenen Skalen geführt hat (s. Tab. 8.10). Die Einschätzungen zu den eigenen Erfahrungen bleiben ebenso stabil, wie die Werte zu den motivationalen Technikbezügen der Studierenden. Sowohl Mittelwerte, als auch Mediane der verschiedenen Skalen zeigen sich weitestgehend unverändert. Etwas größere Abweichungen lassen sich bei den Skalenwerten zu den kognitiven Technikbezügen erkennen. Dabei handelt es sich um jenen Bereich, in dem die Teilnehmenden ihre Kompetenzen in Bezug auf die Technik einschätzen sollten, nach dem Umgang mit technischen Problemen gefragt wurden und auf Einstellungen zur Technikentwicklung eingehen sollten. Die Nullhypothese abzulehnen erlaubt die Entwicklung der zentralen Tendenzen jedoch nur bei den Skalen zur Kompetenz[57] (Z= 3.402, p = .001, n = 75, r = .393) und Selbstwirksamkeitserwartung[58] (Z = 2.569, p = .01, n = 75, r =.297). Bei beiden Aspekten attestieren sich die Studienteilnehmer insgesamt mehr Potenzial. Die Parallelität der Werte ist nachvollziehbar, da beide Konstrukte auch im Rahmen der Fragebogengenerierung eine hohe Interkorrelation aufweisen (Janneck et al. 2012, S. 297).

Tab. 8.10: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung aller Studienteilnehmenden (N=75)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.468[b]	.64	.054
Affekt A-B	.813[b]	.416	.094
Verstehen A-B	.290[b]	.772	.033
Gestalten A-B	.234[c]	.815	.027
Technikangst A-B	.878[c]	.38	.101
Anwenden A-B	1.724[c]	.085	.199
Kompetenz A-B	3.402[b]	.001***	.393
Selbstwirksamk. A-B	2.569[b]	.01*	.297
Attribution int. A-B	.098[b]	.922	.011
Attribution ex. A-B	1.604[c]	.109	.185
Strategien A-B	.810[b]	.418	.094
Technikbild A-B	.028[b]	.978	.03

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen[59].*p<.05. *** P≤.001*

[57] Items: „Ich halte mich im Umgang mit technischen Geräten für sehr kompetent“, „Im Umgang mit Technik bin ich sicherer als der Durchschnitt“ und „Ich habe umfassende Technikkenntnisse“

[58] Items: „Technischen Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine technischen Fertigkeiten verlassen kann“, „Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen“, „Wenn ich mit technischen Problemen konfrontiert bin, finde ich Mittel und Wege, sie zu lösen“, „Wenn ich mich bemühe, gelingt mir in der Regel die Lösung technischer Probleme“

[59] Wenn die Paardifferenzen A-B (vorher-nachher) positiv sind, sind die Werte der zweiten Messung kleiner als die der ersten Messung. Sind die Paardifferenzen A-B (vorher-nachher) negativ, sind die Werte der zweiten Messung größer als die der ersten Messung. Da die positiven und negativen Paardifferenzen beim Wilcoxon-Test nach Rängen geordnet und anschließend nach Vorzeichen aufaddiert werden, weist der Vergleich der Rangsummen auf ein Übergewicht an positiven oder negativen Paardifferenzen hin. Die Teststatistik für den Z-Wert wird beim Wilcoxon-Test aus dem kleineren Wert gebildet. Ein Z-Wert, gebildet aus positiven Rängen bedeutet im vorliegenden Fall einen Anstieg der Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten. Ein Z-Wert, gebildet aus negativen Rängen bedeutet im vorliegenden Fall einen Rückgang der Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten.

Auswertung der Daten nach Alter: Einen interessanten Aspekt zeigen die Daten, wenn man sie nach Altersphasen gruppiert. Offensichtlich ist der Anstieg bei den Einschätzungen zu Kompetenz (Z= -3.547, p < .001, n = 48) und Selbstwirksamkeitserfahrung (Z= -2.467, p = .014, n = 48) über alle Studienteilnehmer hinweg wohl hauptsächlich auf die Antworten der Studienteilnehmer unter 25 Jahren zurückzuführen (s. Tab. 8.11 und 8.12).

Tab. 8.11: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken für alle Studienteilnehmenden < 25 Jahre (N= 48)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.885[b]	.376	.128
Affekt A-B	1.312[b]	.19	.189
Verstehen A-B	.600[b]	.549	.087
Gestalten A-B	.661[b]	.508	.095
Technikangst A-B	1.429[c]	.153	.206
Anwenden A-B	1.507[c]	.132	.218
Kompetenz A-B	3.547[b]	.001***	.512
Selbstwirksamk. A-B	2.461[b]	.014*	.355
Attribution int. A-B	.172[b]	.863	.025
Attribution ex. A-B	1.365[c]	.172	.197
Strategien A-B	.836[b]	.403	.121
Technikbild A-B	.034[c]	.973	.05

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen. *p<.05. *** P≤.001*

Tab. 8.12: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken für alle Studienteilnehmenden > 25 Jahre (N= 21)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	1.262[b]	.207	.228	.275
Affekt A-B	.847[b]	.397	.387	.185
Verstehen A-B	.0[c]	1.0	1.0	.0
Gestalten A-B	1.712[b]	.087	.108	.374
Technikangst A-B	.132[d]	.895	.918	.029
Anwenden A-B	1.707[b]	.088	.095	.372
Kompetenz A-B	.817[d]	.414	.45	.178
Selbstwirksamk. A-B	.554[d]	.579	.614	.121
Attribution_int. A-B	.712[d]	.476	.487	.155
Attribution_ex. A-B	.247[b]	.805	.821	.054
Strategien A-B	.472[d]	.637	.694	.103
Technikbild A-B	.335[d]	.738	.754	.073

Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf negativen Rängen.c. Die Summe der negativen Ränge ist gleich der Summe der positiven Ränge.d. Basiert auf positiven Rängen.

8.5.3.3 Datenanalyse nach geschlechtsspezifischen Unterschieden

In verschiedenen Untersuchungen zu technikbezogenen Selbsteinschätzungen konnten geschlechtsspezifische Differenzen nachgewiesen werden: Männer verfügen demnach über ein deutlich positiveres technikbezogenes Selbstkonzept als Frauen (vgl. Wender 2005; Jacobs/ Ziefele 2009; Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012). Die Analyse der Daten für die an der Studie beteiligten Personen zeigt ein weitaus weniger eindeutiges Bild.

Studienteilnehmende nach Unterschieden zwischen den Geschlechtern zum MZP A: Ein direkter Vergleich der Mittelwerte lässt Geschlechtsunterschiede auch in den Einschätzungen der Studierenden vermuten (s. Abb. 8.6). Zumindest zum Messzeitpunkt A sind die Tendenzunterschiede mit einer Ausnahme jedoch nicht signifikant (s. Tab. 8.13). Nur bei der Teststatistik zum Affekt[60] ($U(44,31) = 524.5$, $p = .032$, $r = .248$) können die Differenzen als überzufällig interpretiert werden. Die an der Studie teilnehmenden Männer attestieren sich demnach etwas mehr Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik, heben sich in den anderen 11 Skalen jedoch in statistisch relevanter Weise nicht von ihren Kommilitoninnen ab.

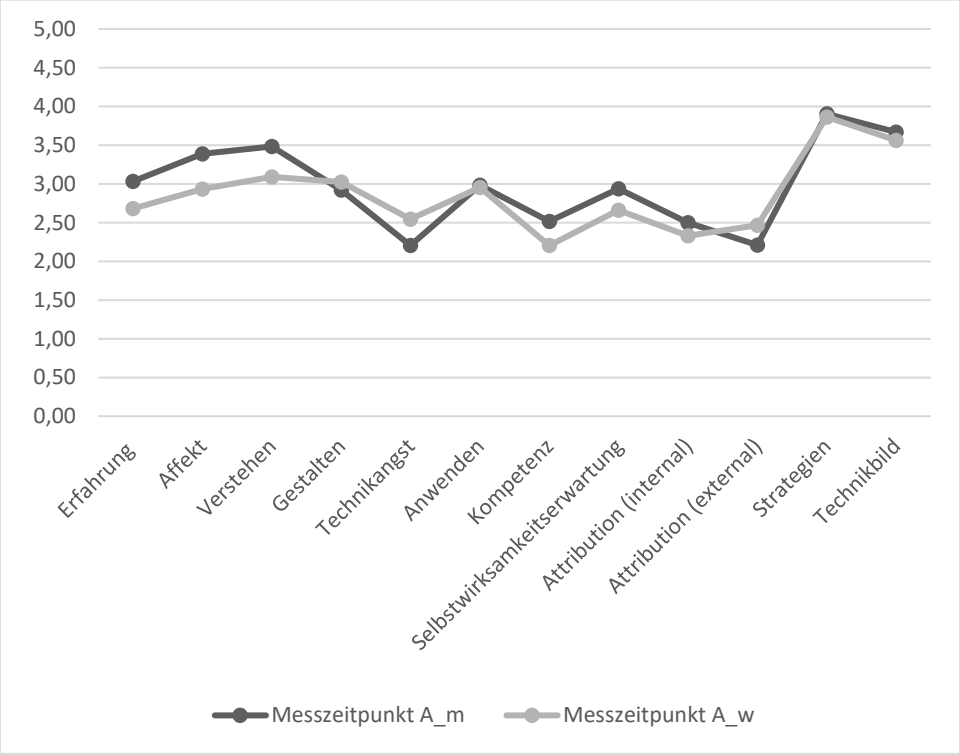

Abb. 8.6: Mittelwertvergleich der Skalenwerte nach Geschlecht bei der ersten Messung (MZP A)

[60] Items: „Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik“, „Technik fasziniert mich“

Tab. 8.13: Ergebnisse Mann-Whitney-Test und Effektstärken, Gruppenvergleich nach Geschlecht zum Messzeitpunkt A

	Mann-Whitney-U	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung_A	524.5	1.707	.088	.197
Affekt_A	485.0	2.151	.032*	.248
Verstehen_A	534.0	1.675	.094	.193
Gestalten_A	629.0	.579	.562	.067
Technikangst_A	561.5	1.305	.192	.151
Anwenden_A	675.0	.076	.939	.09
Kompetenz_A	531.0	1.645	.10	.19
Selbstwirksamkeitserwartung_A	532.5	1.616	.106	.187
Attribution_internal_A	588.0	1.042	.297	.12
Attribution_external_A	544.5	1.51	.131	.174
Strategien_A	649.5	.373	.709	.043
Technikbild_A	624.5	.626	.531	.072

*Anmerkungen: a. Gruppenvariable: Geschlecht. *p<.05*

Studienteilnehmende nach Unterschieden zwischen den Geschlechtern zum MZP B: Auf Unterschiede zwischen den Geschlechtergruppen deuten Mittelwerte und Tendenz der Daten dagegen zum Messzeitpunkt B hin (s. Abb. 8.7 und Tab. 8.14, 8.15). Signifikanzen bestehen für die Skalen Erfahrung[61] ($U(44,31)=486.0$, $p = .033$, $r = .247$), Affekt[62] ($U(44,31)=463.5$, $p = .017$, $r =.277$) und Verstehen[63] ($U(44,31)=429.0$, $p = .005$, $r =.328$).
Bei allen drei Aspekten weisen sich die männlichen Studierenden höhere Werte zu, als die Frauen. Auch die Werte zur Skala Attribution external[64] ($U(44,31)=498.5$, $p = .044$, $r =.233$) liegen außerhalb des Ablehnungsbereichs der Nullhypothese. Vorsichtig interpretiert, scheint der Kurs zumindest bei den männlichen Teilnehmern zu teilweisen Veränderungen am technikbezogenen Selbstkonzept geführt zu haben.

[61] Items: „Ich habe schon frühzeitig praktische Erfahrungen im Umgang mit Technik gesammelt (z. B. technisches Spielzeug, Reparieren)“, „Ich habe mich in der Kindheit und Jugend wenig mit Technik beschäftigt“, „In meiner Freizeit beschäftige ich mich viel mit Technik (z. B. Basteln, Reparaturen, Hobbies mit Technikbezug)“

[62] Items: „Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik“, „Technik fasziniert mich“

[63] Item: „Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt.““

[64] Items: „Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich“, „Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme, die auftreten“

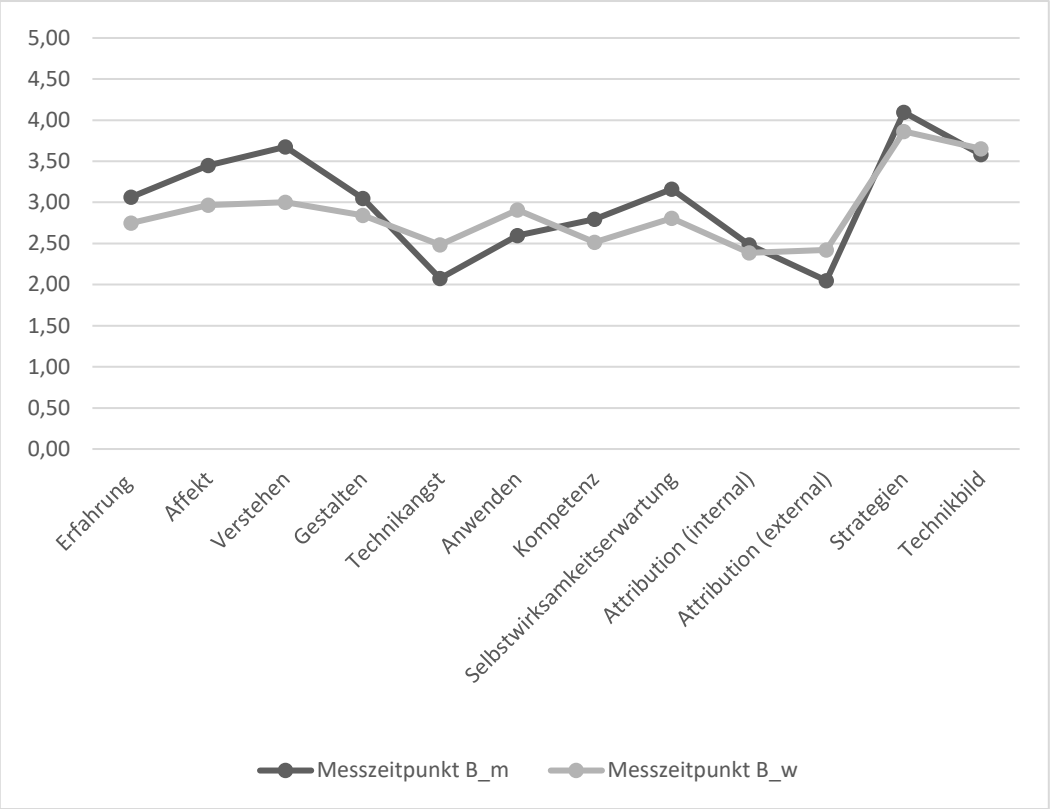

Abb. 8.7: Mittelwertvergleich der Skalenwerte nach Geschlecht bei der zweiten Messung (MZP B)

Tab. 8.14: Ergebnisse Mann-Whitney-Test und Effektstärken, Gruppenvergleich nach Geschlecht zum Messzeitpunkt B

	Mann-Whitney-U	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung_B	486.0	2.136	.033*	.247
Affekt_B	463.5	2.395	.017*	.277
Verstehen_B	429.0	2.84	.005**	.328
Gestalten_B	587.0	1.04	.298	.12
Technikangst_B	539.0	1.569	.117	.181
Anwenden_B	563.0	1.299	.194	.15
Kompetenz_B	582.0	1.083	.279	.125
Selbstwirksamkeitserwartung_B	504.0	1.926	.054	.222
Attribution_internal_B	634.5	.53	.596	.061
Attribution_external_B	498.5	2.014	.044*	.233
Strategien_B	591.5	1.064	.287	.123
Technikbild_B	63.0	.568	.57	.066

*Anmerkungen: a. Gruppenvariable: Geschlecht. *p<.05. **P<.01*

Tab. 8.15: Lagemaße der Skalen getrennt nach Geschlecht und Messzeitpunkten sowie aller Studienteilnehmer zum Vergleich

		Erfahrung_A	**Erfahrung_B**	**Affekt_A**	**Affekt_B**	**Verstehen_A**	**Verstehen_B**	**Gestalten_A**	**Gestalten_B**	**Technikangst_A**	**Technikangst_B**	**Anwenden_A**	**Anwenden_B**	**Kompetenz_A**	**Kompetenz_B**	**Selbstwirksamkeits-erwartung_A**	**Selbstwirksamkeits-erwartung_B**	**Attribution_inter-nal_A**	**Attribution_inter-nal_B**	**Attribution_exter-nal_A**	**Attribution_exter-nal_B**	**Strategien_A**	**Strategien_B**	Technikbild_A	Technikbild_B
w N=44	MW	2.68	2.75	2.93	2.97	3.09	3.00	3.02	2.84	2.55	2.48	2.95	2.91	2.20	2.52	2.66	2.81	2.33	2.39	2.47	2.42	3.86	3.86	3.56	3.65
	SD	0.87	0.60	0.91	0.90	1.05	0.96	0.99	0.78	1.07	1.09	0.72	0.94	0.78	0.87	0.71	0.89	0.79	0.96	0.82	0.83	0.88	0.95	0.70	0.56
	MED	2.67	2.67	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.67	2.00	3.00	3.00	2.33	2.33	2.75	2.75	2.00	2.00	2.50	2.50	4.00	4.00	3.67	3.67
m N=31	MW	3.03	3.06	3.39	3.45	3.48	3.68	2.92	3.05	2.20	2.08	2.98	2.60	2.52	2.80	2.94	3.16	2.50	2.48	2.21	2.05	3.90	4.10	3.67	3.58
	SD	0.84	0.79	0.98	0.88	0.93	1.05	0.91	0.92	0.90	0.75	1.08	0.89	0.69	0.96	0.85	0.87	0.73	0.81	0.77	0.73	1.04	0.79	0.73	0.63
	MED	3.00	3.00	3.50	3.50	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.50	2.50	2.67	2.67	3.00	3.50	2.50	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	3.67	3.33
Insg. N=75	MW	2.83	2.88	3.12	3.17	3.25	3.28	2.98	2.93	2.40	2.32	2.97	2.78	2.33	2.63	2.77	2.95	2.40	2.43	2.36	2.27	3.88	3.96	3.60	3.62
	SD	0.87	0.69	0.96	0.92	1.01	1.05	0.95	0.84	1.01	0.98	0.88	0.92	0.76	0.91	0.78	0.89	0.77	0.90	0.81	0.81	0.94	0.89	0.71	0.59
	MED	2.67	2.67	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.33	2.00	3.00	3.00	2.33	2.67	2.75	3.00	2.50	2.00	2.50	2.00	4.00	4.00	3.67	3.67

Vorher-nachher Messung für alle Frauen unter den Studienteilnehmenden (TN SIM/MAN, N = 44): Analysiert man die Daten im Hinblick auf Tendenzveränderungen zwischen den Messzeitpunkten ausschließlich für alle an der Studie beteiligten Frauen, lässt sich mit Blick auf das übliche Signifikanzniveau statistisch nur eine verbesserte Einschätzung der eigenen Kompetenz konstatieren ($Z = 2.637$, $p = .008$, $n = 44$, $r = 0.398$). Bezüglich der anderen Skalen zum Technikbezogenen Selbstkonzept sind nur leichte Veränderungen bzw. Effekte festzustellen (Tab 8.16).

Tab. 8.16: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für alle Frauen an der Studie (N=44)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.666[b]	.505	.1
Affekt A-B	.521[b]	.603	.079
Verstehen A-B	.718[c]	.473	.108
Gestalten A-B	1.259[c]	.208	.19
Technikangst A-B	.356[c]	.722	.054
Anwenden A-B	.209[c]	.834	.032
Kompetenz A-B	2.637[b]	.008**	.398
Selbstwirksamk. A-B	1.357[b]	.175	.205
Attribution_int. A-B	.146[b]	.884	.022
Attribution_ex. A-B	.644[c]	.52	.097
Strategien A-B	.055[b]	.957	.08
Technikbild A-B	.760[b]	.447	.115

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen. **P<.01*

Vorher-nachher Messung für alle Männer unter den Studienteilnehmern (TN SIM/MAN, N = 31): Im Vergleich zu den Teilnehmerinnen lassen die Zahlen bei den männlichen Teilnehmern der Studie deutlichere Effekte durch das jeweilige Treatment erkennen (s. Tab. 8.17). Statistisch signifikant ist die Abnahme bei den Skalenwerten zum Faktor Anwenden[65] (Z= 2.720, $p = .007$, $n = 31$; $r = .489$). Überzufällig sind zudem die Anstiege der Werte zu den Skalen Kompetenz ($Z = 2.108$, $p = .035$, $n = 31$, $r =.379$) und Selbstwirksamkeitserwartung[66] ($Z = -2.192$, $p = .028$, $n = 31$, $r =.394$).

[65] Items: „Technik ist für mich nur ein Mittel zum Zweck“, „Technik muss funktionieren, technische Details interessieren mich dabei nicht“

[66] Items: „Technischen Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine technischen Fertigkeiten verlassen kann“, „Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen“, „Wenn ich mit technischen Problemen konfrontiert bin, finde ich Mittel und Wege, sie zu lösen“, „Wenn ich mich bemühe, gelingt mir in der Regel die Lösung technischer Probleme“

Tab. 8.17: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für alle Männer an der Studie (N=31)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.087[b]	.931	.94	.016
Affekt A-B	.762[c]	.446	.487	.137
Verstehen A-B	1.732[c]	.083	.148	.311
Gestalten A-B	1.293[c]	.196	.211	.232
Technikangst A-B	.963[b]	.335	.345	.173
Anwenden A-B	2.720[b]	.007**	.05*	.489
Kompetenz A-B	2.108[c]	.035*	.034*	.379
Selbstwirksamk. A-B	2.192[c]	.028*	.027*	.394
Attribution_int. A-B	.163[b]	.87	.881	.029
Attribution_ex. A-B	1.628[b]	.104	.104	.292
Strategien A-B	1.292[c]	.196	.227	.232
Technikbild A-B	.846[b]	.398	.413	.152

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf negativen Rängen. c. Basiert auf positiven Rängen. *p<.05. **P<.01*

8.5.3.4 Datenanalyse nach Mediennutzungsgruppen

Mediennutzungsgruppen im Vergleich zum MZP A: Ein Test der Daten beider Mediennutzungsgruppen in Bezug auf Unterschiede in den technikbezogenen Selbsteinschätzungen zum Messzeitpunkt A ergibt keine statistisch relevanten Signifikanzen (s. Tab. 8.18).

Tab. 8.18. Ergebnisse Mann-Whitney-Test, Vergleich Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt A (N=75)

	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Erfahrung_A	669.0	1264.0	.3	.764
Affekt_A	612.0	1207.0	.918	.359
Verstehen_A	677.0	1272.0	.224	.823
Gestalten_A	593.5	1454.5	1.119	.263
Technikangst_A	565.5	116.5	1.409	.159
Anwenden_A	634.0	1495.0	.681	.496
Kompetenz_A_	661.5	1256.5	.382	.702
Selbstwirksamkeitserwartung_A	682.5	1543.5	.155	.877
Attribution_internal_A	549.0	1144.0	1.623	.105
Attribution_external_A	631.5	1226.5	.712	.477
Strategien_A	694.0	1289.0	.034	.973
Technikbild_A	684.5	1545.5	.135	.893

Anmerkungen: a. Gruppenvariable: Gruppe

Mediennutzungsgruppen im Vergleich zum MZP B: Diese relative Homogenität zwischen beiden Mediennutzungsgruppen bei den zentralen Tendenzen der Skalen vom Messzeitpunkt A bleibt auch zum Messzeitpunkt B erhalten (s. Tab. 8.19).

Tab. 8.19: Ergebnisse Mann-Whitney-Test: Vergleich Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt B (N=75)

	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Erfahrung_B	668.0	1529.0	.313	.755
Affekt_B	59.5	1185.5	1.154	.248
Verstehen_B	673.0	1268.0	.266	.79
Gestalten_B	672.5	1533.5	.265	.791
Technikangst_B	666.5	1261.5	.331	.741
Anwenden_B	621.0	1216.0	.821	.412
Kompetenz_B	666.0	1261.0	.332	.74
Selbstwirksamkeitserwartung_B	636.5	1231.5	.647	.517
Attribution_internal_B	614.5	1209.5	.911	.362
Attribution_external_B	555.5	115.5	1.536	.125
Strategien_B	681.0	1276.0	.186	.852
Technikbild_B	687.0	1282.0	.108	.914

Anmerkungen: a. Gruppenvariable: Gruppe

Vorher-nachher Messung für Gruppe SIM (N = 41): Eine der Hauptforschungsfragen war, ob der Einsatz der simulativen Medienelemente im Rahmen technischer Bildungsprozesse zu positiven Effekten bei den konativen, motivationalen oder kognitiven Bezügen des Technikbezogenen Selbstkonzepts führt. Ein Vergleich der Daten der Studienteilnehmenden, die ihre Aufgaben unter Nutzung der entsprechenden Applikationen erledigt haben, bietet jedoch kaum Anlass, dies zu bejahen (s. Tab. 8.20).

Tab. 8.20: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für Gruppe SIM (N= 31)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.338[b]	.736	.053
Affekt A-B	.689[c]	.491	.108
Verstehen A-B	.024[b]	.981	.04
Gestalten A-B	.300[c]	.764	.047
Technikangst A-B	.933[b]	.351	.146
Anwenden A-B	.246[b]	.806	.038
Kompetenz A-B	2.499[c]	.012*	.39
Selbstwirksamk. A-B	2.649[c]	.008**	.414
Attribution_int. A-B	.257[b]	.797	.04
Attribution_ex. A-B	.761[b]	.447	.119
Strategien A-B	.528[c]	.598	.082
Technikbild A-B	.211[c]	.833	.033

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf negativen Rängen. c. Basiert auf positiven Rängen. *p<.05. **P<.01*

Zwar attestieren sich die Studierenden in der Gruppe mit den simulativen Elementen am Ende etwas mehr Kompetenz (*Z*=-2.499, *p*=.012, *n*= 41) und Selbstwirksamkeit (*Z* =-2.649, *p*=.008, *n*=41). Weitere signifikante Unterschiede können jedoch nicht konstatiert werden.

Vorher-nachher Messung für Gruppe MAN (*N* = 34): Wenig eindeutig sind auch die Zahlen für die Gruppe, die das Semester über ihre Aufgaben unter Verwendung von gedruckten Skripten bzw. Manualen erledigte (s. Tab. 8.21).
Statistisch signifikant ist auch hier der Anstieg bei den Selbsteinschätzungen zur Kompetenz (*Z*=-2.277, *p*=.023, *n*= 34). Ein signifikanter Rückgang ist zudem bei den Zustimmungsraten zu den Items der Skala „Anwenden“[67] festzustellen (*Z*=-2.131, *p*=.033, *n*=34). Das kann als Rückgang einer eher reservierten Technikhaltung interpretiert werden. Nicht im Ablehnungsbereich der Nullhypothese, aber aufgrund der Effektstärkenmaße erwähnenswert, ist der Zuwachs bei der Skala „Erfahrung“ und die Abnahme bei den Werten der Skala „Attribution external“[68].

Tab. 8.21: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für Gruppe MAN (N= 34)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	1.466[b]	.143	.151	.251
Affekt A-B	.425[b]	.671	.686	.073
Verstehen A-B	.447[b]	.655	.825	.077
Gestalten A-B	.707[c]	.479	.49	.121
Technikangst A-B	.258[c]	.797	.81	.044
Anwenden A-B	2.131[c]	.033*	.032*	.365
Kompetenz A-B	2.277[b]	.023*	.022*	.391
Selbstwirksamk. A-B	.839[b]	.402	.41	.144
Attribution_int. A-B	.558[b]	.577	.592	.096
Attribution_ex. A-B	1.498[c]	.134	.142	.257
Strategien A-B	.646[b]	.518	.651	.111
Technikbild A-B	.178[c]	.859	.865	.031

*Anmerkungen: b. Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen. *p<.05.*

8.5.3.5 Datenanalyse nach Mediennutzungsgruppen und Geschlecht

Vorher-nachher Messung für die Frauen in der Gruppe SIM (*N* = 23): Nicht allein aufgrund der Überrepräsentation der Teilnehmerinnen in beiden Gruppen, ist eine gesonderte Betrachtung der Studienteilnehmer nach Geschlecht geboten. Frauen wird im Vergleich zu Männern verschiedentlich ein niedrigeres Selbstkonzept in Bezug auf die Technik zugesprochen. Zwar lassen sich aufgrund der vorliegenden Daten für die an der Befragung beteiligten Studierenden – wie bereits erwähnt – solche Unterschiede zumindest für den Messzeitpunkt A nicht belegen. Die Analyse der Daten aus der Vorher-Nachher-Messung legt indes die Vermutung nahe, dass bei dieser Personengruppe selbst eine intensive Beschäftigung mit der Technik die konativen, motivationalen und kognitiven Bezüge des technikbezogenen Selbstkonzepts kaum verändern. Statistisch gesehen, kann die Nullhypothese bei keiner einzigen Skala verworfen

[67] Items: „Technik ist für mich nur Mittel und Zweck und muss funktionieren“; Technik muss funktionieren, technische Details interessieren mich dabei nicht“

[68] Items: „Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich“, „Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme“

werden. Ein nennenswerter Effekt ist allenfalls bei der Skala zum Technikbild festzustellen. Hier erhöht sich anscheinend die Bereitschaft, die Bedeutung der Technik höher einzuschätzen (s. Tab. 8.22).

Tab. 8.22: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Frauen in der Gruppe SIM (N= 23)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.081[b]	.935	.945	.017
Affekt A-B	.383[b]	.701	.744	.08
Verstehen A-B	1.165[c]	.244	.283	.243
Gestalten A-B	.288[c]	.773	.798	.06
Technikangst A-B	.582[c]	.56	.576	.121
Anwenden A-B	.831[b]	.406	.418	.173
Kompetenz A-B	1.326[b]	.185	.191	.276
Selbstwirksamk. A-B	1.200[b]	.23	.248	.25
Attribution_int. A-B	.254[b]	.8	.828	.053
Attribution_ex. A-B	.963[c]	.335	.38	.201
Strategien A-B	.065[b]	.948	.997	.014
Technikbild A-B	1.611[b]	.107	.109	.336

Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen

Vorher-nachher Messung für die Frauen in der Gruppe MAN (*N* = 21): Analysiert man die Einschätzungen der weiblichen Personen, die ausschließlich mit Manualen gearbeitet haben, zeigt sich hier wiederum eine relativ große Konstanz (s. Tab. 8.23).

Tab. 8.23: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Frauen in der Gruppe MAN (N= 21)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	1.084[b]	.278	.3	.237
Affekt A-B	.322[b]	.748	.823	.07
Verstehen A-B	.277[b]	.782	1.0	.06
Gestalten A-B	1.889[c]	.059	.092	.412
Technikangst A-B	.183[b]	.855	.884	.04
Anwenden A-B	1.039[c]	.299	.33	.227
Kompetenz A-B	2.375[b]	.018	.017*	.518
Selbstwirksamk. A-B	.750[b]	.453	.471	.164
Attribution_int. A-B	.053[c]	.958	1.0	.012
Attribution_ex. A-B	.442[b]	.658	.713	.096
Strategien A-B	.0[d]	1.0	1.0	.0
Technikbild A-B	.639[c]	.523	.566	.139

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen. d. Die Summe der negativen Ränge ist gleich der Summe der positiven Ränge. *p<.05.*

Einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Messzeitpunkten zeigt ausschließlich

die erhöhte Zustimmung zur eigenen Kompetenz (*Z*=-2.37, *p*=.017, *n*=21, *r* = .518). Eine Abnahme deuten die Daten bei den Skalen zu „Gestalten“[69] an.

Vorher-nachher Messung für die Männer in der Gruppe SIM (*N* = 18): Etwas deutlichere Veränderungen durch die Arbeit mit den simulativen Elementen lassen sich bei den männlichen Teilnehmern der Studie verzeichnen. Signifikant sind die Zunahmen bei den Items, bei denen es um die Beurteilung der eigenen Kompetenz geht (*Z*=2.385, *p*=.017, *n*=18, *r* =.562) und bei den Items zur Selbstwirksamkeit (*Z*=2.432, *p*=.013, *n*=18, *r* =.573). Einen positiven Effekt scheint die Arbeit mit Simulationen bei den männlichen Teilnehmern wohl auch in Bezug auf das Interesse am Verstehen von Technik bewirkt zu haben. Wenngleich aufgrund der geringen Zahl an Teilnehmern hier die Teststatistik mit der exakten Signifikanz berechnet wird und nur einen Wert *p*= .063 ausgibt (asymptotisch *p*= .025) soll der Anstieg hier vermerkt werden (s. Tab. 8.24).
Geringe bis mittlere Effektstärken weisen die Zahlen mit Ausnahme des Faktors Attribution external auch für alle anderen Skalen auf. Mit Ausnahme der Skalen zur Erfahrung und zum Technikbild, deren Werte leicht absinken, führt der Einsatz simulativer Medienelemente zumindest bei dieser Gruppe anscheinend zu etwas mehr Veränderungen bei den technikbezogenen Selbsteinschätzungen.

Tab. 8.24: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Männer in der Gruppe SIM (N= 18)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.579[b]	.563	.583	.136
Affekt A-B	.690[c]	.49	.615	.163
Verstehen A-B	2.236[c]	.025*	.063	.527
Gestalten A-B	1.164[c]	.244	.323	.274
Technikangst A-B	.682[b]	.495	.521	.161
Anwenden A-B	1.449[b]	.147	.176	.342
Kompetenz A-B	2.385[c]	.017*	.017*	.562
Selbstwirksamk. A-B	2.432[c]	.015*	.013*	.573
Attribution_int. A-B	.758[b]	.448	.467	.179
Attribution_ex. A-B	.066[c]	.948	.985	.016
Strategien A-B	.905[c]	.366	.563	.213
Technikbild A-B	1.495[b]	.135	.154	.352

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf negativen Rängen. c. Basiert auf positiven Rängen. *p<.05.*

Vorher-nachher Messung für die Männer in Gruppe MAN (*N* = 13): Mit einer Gruppengröße von nur 13 Teilnehmern sind die Daten hier nur sehr vorsichtig zu interpretieren. Im Vergleich zur entsprechenden Gruppe der Frauen verweist die Entwicklung der zentralen Tendenzen in der Gruppe der männlichen Teilnehmer mit Manualen auf etwas mehr Veränderung. Eine in Bezug auf das technikbezogene Selbstkonzept günstige Entwicklung lässt sich durch

[69] Items: „Ich beschäftige mich mit Technik, weil ich damit etwas gestalten kann“, „Ich finde es interessant, mit Technik etwas zu erschaffen“

die Unterschiede bei den Skalen zu „Anwenden“[70] (*Z*=-2.437, *p*=.018, *n*=13, *r* = .676) und „Attribution external“[71] (*Z*=-2.359, *p*=.021, *n*=13, *r* = .654) feststellen. Hier reduzieren sich anscheinend vorher vorhandene, eher zurückhaltende Haltungen gegenüber der Technik (s. Tab. 8.25).

Tab. 8.25: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Männer in der Gruppe MAN (N= 13)

	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Effektstärke r
Erfahrung A-B	.979[b]	.327	.422	.272
Affekt A-B	.302[b]	.763	1.0	.084
Verstehen A-B	.378[b]	.705	1.0	.105
Gestalten A-B	.690[b]	.49	.534	.191
Technikangst A-B	.775[c]	.439	.613	.215
Anwenden A-B	2.437[c]	.015*	.018*	.676
Kompetenz A-B	.364[b]	.716	.811	.101
Selbstwirksamk. A-B	.360[b]	.719	.75	.1
Attribution_int. A-B	.682[b]	.495	.531	.189
Attribution_ex. A-B	2.359[c]	.018*	.021*	.654
Strategien A-B	.905[b]	.366	.563	.251
Technikbild A-B	.454[b]	.65	.73	.126

*Anmerkungen: a. Wilcoxon-Test. b. Basiert auf positiven Rängen. c. Basiert auf negativen Rängen. *p<.05.*

Gruppenvergleiche nach Mediennutzungsgruppen und Messzeitpunkten: Falls die Arbeit mit den Medien deutliche Effekte in Bezug auf die technikbezogenen Selbsteinschätzungen nach sich zieht, sollten sich Unterschiede nicht nur innerhalb, sondern zum Messzeitpunkt B auch im direkten Vergleich der Mediennutzungsgruppen zeigen. Doch weder bei einem Vergleich der Skalenwerte der Frauen zum Messzeitpunkt B, noch bei denen der Männer lässt sich die Nullhypothese zurückweisen (s. Tab. 8.26; Tab. 8.27).

[70] Items: „Technik ist für mich nur Mittel und Zweck und muss funktionieren“; Technik muss funktionieren, technische Details interessieren mich dabei nicht“

[71] Items: „Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich“, „Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme, die auftreten können“

Tab. 8.26. Ergebnisse Mann-Whitney-Test: Vergleich der Teilnehmerinnen innerhalb der Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt B (N=44)

	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Erfahrung_B	227.5	503.5	.335	.737
Affekt_B	228.0	504.0	.323	.747
Verstehen_B	177.0	453.0	1.602	.109
Gestalten_B	208.0	484.0	.802	.423
Technikangst_B	208.5	439.5	.786	.432
Anwenden_B	186.0	417.0	1.334	.182
Kompetenz_B	213.5	489.5	.664	.507
Selbstwirksamkeitserwartung_B	216.0	447.0	.603	.546
Attribution_internal_B	186.5	417.5	1.323	.186
Attribution_external_B	213.0	444.0	.682	.495
Strategien_B	239.5	515.5	.05	.96
Technikbild_B	241.0	517.0	.012	.99

Anmerkungen: a. Gruppenvariable: Gruppe

Tab. 8.27: Ergebnisse Mann-Whitney-Test: Vergleich der Teilnehmer innerhalb der Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt B (N=31)

	Mann-Whitney-U	Wilcoxon-W	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Erfahrung_B	115.5	286.5	.061	.952
Affekt_B	7.0	161.0	1.926	.054
Verstehen_B	75.0	166.0	1.759	.079
Gestalten_B	105.5	196.5	.468	.64
Technikangst_B	111.5	282.5	.227	.82
Anwenden_B	111.0	282.0	.244	.808
Kompetenz_B	9.5	181.5	1.07	.285
Selbstwirksamkeitserwartung_B	115.0	206.0	.081	.936
Attribution_internal_B	107.5	278.5	.408	.683
Attribution_external_B	72.0	163.0	1.85	.064
Strategien_B	113.0	204.0	.181	.856
Technikbild_B	114.0	205.0	.122	.903

Anmerkungen: a. Gruppenvariable: Gruppe. b. Nicht für Bindungen korrigiert.

8.5.4 Resümee

Anlass für die hier dokumentierte Studie war die Annahme, dass der Einsatz simulativer Medienelemente mit ihren besonderen Interaktions- und Erprobungsmöglichkeiten im Vergleich zu klassischen Lernmaterialen Effekte auf technikbezogene Einstellungen zeitigt und damit eine positive Wirkung auf entsprechende Lernprozesse ausübt. Im Rahmen einer universitären Veranstaltung, in der Zugang und Arbeit mit entsprechenden Medien variiert wurden, erfolgte daher eine Befragung zu technikbezogenen Selbsteinschätzungen. Die zu zwei Messzeitpunkten erhobenen Daten ermöglichen einen Vergleich unabhängiger und abhängiger Stichproben.

Als Untersuchungsinstrument für die Vorher-Nachher-Messung wurde der TSK-Fragebogen von Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) eingesetzt. Die 12 Skalen des Fragebogens gründen auf einem Drei-Komponenten-Modell, das konative, motivationale und kognitive Technikbezüge umfasst und das sich lt. Aussage der Autoren (ebd. S. 57) als Rahmenmodell bzw. Zusammenführung verschiedener anderer Studien zu technikbezogenen Selbstbeurteilungen von Männern und Frauen versteht.

Die interferenzstatistische Analyse der mit diesem Instrument erhobenen Daten deutet darauf hin, dass das Technikbezogene Selbstkonzept durch die experimentellen Einwirkungen allenfalls in Teilbereichen Veränderungen erfährt. Als wenig elastisch erweisen sich vor allem die mit dem Fragebogen erhobenen technikbezogenen Selbsteinschätzungen der Frauen. Ein direkter Vergleich der Teilnehmerinnen an der Studie zu Beginn des Semesters mit den Teilnehmern ergibt zwar – im Gegensatz zu gemeinhin in der Literatur konstatierten Unterschieden – keine nennenswerten Differenzen in den technikbezogenen Selbsteinschätzungen. Zum Messzeitpunkt B lassen sich dagegen geschlechtsspezifische Unterschiede konstatieren, die kaum dem Zufall zugeschrieben werden können. Sie betreffen die Skalen „Erfahrung“ ($U(44,31)=486.0$, $p = .033$, $r = .247$), „Affekt“ ($U(44,31)=463.5$, $p = .017$, $r =.277$) und „Verstehen“ ($U(44,31)=429.0$, $p = .005$, $r =.328$). Auch die Werte zur Skala „Attribution external“ ($U(44,31)=498.5$, $p = .044$, $r =.233$) liegen außerhalb des Ablehnungsbereichs der Nullhypothese.

Unabhängig von der Art des Treatments messen sich die an der Studie teilnehmenden Personen am Ende der Maßnahme einen Zuwachs an Kompetenz ($Z= 3.402$, $p = .001$, $n = 75$, $r = .393$) und Selbstwirksamkeitserwartung ($Z = 2.569$, $p = .01$, $n = 75$, $r =.297$) zu, der auch statistisch relevant ist. Bezogen auf einzelne aus der Stichprobe extrahierte Gruppen variieren die Ergebnisse. Beispielsweise scheinen Einschätzungen zur individuellen technischen Kompetenz und Selbstwirksamkeit mit steigendem Alter abzunehmen.

Bei einer Gruppierung der Skalenwerte nach Geschlechtszugehörigkeit lassen sich für die männlichen Teilnehmer sowohl aus den statistischen Signifikanzen als auch aus den Effektstärken insgesamt etwas mehr Verschiebungen zwischen den Befragungszeitpunkten herauslesen. Während bei den Teilnehmerinnen unabhängig von der Art der Arbeit mit einer bestimmten Art von Medien ausschließlich eine Signifikanz bei der Skala „Kompetenz“ ($Z = 2.637$, $p = .008$, $n = 44$, $r = .398$) zu verzeichnen ist, steigen bei den männlichen Teilnehmern die Werte statistisch signifikant für die Selbsteinschätzungen zu Kompetenz ($Z = 2.108$, $p = .035$, $n = 31$, $r =.379$) und Selbstwirksamkeitserwartung ($Z = 2.192$, $p = .028$, $n = 31$, $r =.394$) und es sinken die Werte bei der Skala „Anwenden“ ($Z= 2.720$, $p = .007$, $n = 31$; $r = .489$), die mit ihren zwei Items eher eine reservierte Haltung zur Technik abbildet.

Bezogen auf die in der Studie fokussierten Effekte der simulativen Elemente auf das Technikbezogene Selbstkonzept bleiben die Ergebnisse der Befragung insgesamt wenig eindeutig. Das bedeutet, dass weder bei den Studierenden, die ihre Aufgaben mit Hilfe der simulativen Elemente lösten, noch bei denjenigen, die mit Manualen arbeiteten, quer über alle zwölf Skalen des Technikbezogenen Selbstkonzepts hinweg statistisch signifikante Ergebnisse festzustellen sind. Die Studierenden der Simulationsgruppe weisen sich insgesamt einen Zuwachs an Kompetenz ($Z=2.499$, $p=.012$, $n=41$, $r =.39$) und Selbstwirksamkeit ($Z=2.277$, $p=.023$, $n=41$, $r =.391$) zu. Die Studierenden in der Manualgruppe beurteilen sich ebenfalls mit einem Mehr an Kompetenz ($Z=2.499$, $p=.12$, $n=34$, $r =.39$), außerdem ist ein signifikanter Rückgang bei den Zustimmungsraten zu den Items der Skala „Anwenden“ festzustellen ($Z=2.131$, $p=.33$, $n=34$, $r =.365$).

Mit Blick auf die Forschungshypothese, also die Wirkung der Arbeit mit den simulativen Elementen, kann den Einschätzungen der männlichen Studierenden etwas mehr Bewegung bei den zentralen Tendenzen zugebilligt werden. In der Gruppe mit den simulativen Elementen schätzen sich die Männer am Ende nicht nur mit einem statistisch signifikantem Mehr an Kompetenz ($Z=2.385$, $p=.17$, $n=18$, $r =.562$) und Selbstwirksamkeitserwartung ($Z=2.432$, $p=.13$, $n=18$, r

=.573) ein, sondern lassen auch bei der Skala „Verstehen“ Verschiebungen mit einem erhöhtem Effektstärkemaß erkennen. Die in dieser Gruppe relativ niedrige Stichprobengröße (N= 18) sowie die Anzahl der für den Wilcoxon-Test nicht berücksichtigten Bindungen relativiert die Tendenzverschiebung etwas. Bei den Frauen in der Gruppe mit simulativen Elementen erreichen die Veränderungen der Werte bei keiner einzigen Skala die üblichen statistischen Niveaus zur Verwerfung der Nullhypothese.

Dagegen lässt sich bei den Frauen in der Manualgruppe zumindest bei der Skala zur Kompetenzeinschätzung eine positive Entwicklung registrieren (Z=2.37, p=.17, n=21, r = .518). Bei den Männern dieser Gruppe scheinen sich eher verhaltene Einstellungen zu Technik etwas zurückgebildet zu haben. Zumindest deuten darauf die signifikanten Veränderungen bei den Skalen zu „Anwenden“ (Z=2.437, p=.18, n=13, r = .676) und „Attribution external“ (Z=2.359, p=.21, n=13, r = .654) hin.

Vorsichtig bilanziert werden können aus den Daten folgende Schlüsse: Die Plastizität der konativen, kognitiven und motivationalen Bezüge des Technikbezogenen Selbstkonzepts kann durch derartige Lernformate nur punktuell verändert werden. Bei einem grundsätzlich bereits positiv ausgeprägten Technikbild, attestieren sich die Teilnehmenden an der Studie einen Zuwachs an Kompetenz und Selbstwirksamkeit und zwar unabhängig von der verwendeten Medienart. Männliche Studierende scheinen insgesamt von derartigen Lernsettings etwas mehr zu profitieren als Frauen. Dies gilt auch in Bezug auf den Einsatz simulativer Medienelemente.

8.6 Darstellung und Ergebnisse der qualitativen Untersuchung

Das Bild von den eigenen Wirkmöglichkeiten innerhalb einer Domäne hat einen entscheidenden Einfluss auf Motivation und Lernverhalten. Lerngegebenheiten und Erfahrungsräume wirken ihrerseits wiederum auf das Selbstkonzept (vgl. Hasselhorn & Gold 2013, S. 114ff.). Rechnergestützten bzw. digitalen Medien wird allgemein ein hohes Motivationspotenzial zugebilligt. Insbesondere rechnergestützten Simulationen wird in diesem Zusammenhang einiges zugetraut. Hauptsächliches Ziel der hier dokumentierten Untersuchung war es daher herauszufinden, ob die Interaktions- und Repräsentationsmöglichkeiten simulativer Medienelemente das Technikbezogene Selbstkonzept tatsächlich umformen können. Um dies herauszufinden, wurden die Studierenden eines universitären Kurses zu den Grundlagen der Technik zufallsbedingt zwei Mediennutzungsgruppen zugeordnet. Eine Gruppe bearbeitete Aufgaben mit Papierausdrucken (Manualen), eine andere Gruppe mit rechnergestützten Materialien und unter Verwendung simulativer Medienelemente. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer beider Gruppen konnten ihre individuellen Eindrücke über die Arbeit nach jeder der 12 Kurseinheiten in einer Art Lerntagebuch festhalten. Während mit der Vorher-Nachher Messung Erkenntnisse über eine grundsätzliche Veränderung des Technikbezogenen Selbstkonzepts erwartet wurden, sollte die Auswertung der Dokumente auch Erkenntnisse über die motivationalen Empfindungen und Beweggründe sowie die kognitiven Sinnsetzungen und Relevanzhorizonte der Arbeit mit den Medien liefern. Im Anschluss werden nun die Ergebnisse der Auswertung der Arbeitsjournale bzw. Lerntagebücher vorgestellt.

8.6.1 Stichprobe und Datenaufbereitung

Charakterisierung der Stichprobe[72]: Im Vergleich zur Anzahl der an der Befragung teilnehmenden Studierenden liegt die Zahl der für die Auswertung der Lerntagebücher berücksichtigten Fälle etwas höher. Die Abweichung zu den Fallzahlen der quantitativen Untersuchung ergibt sich dadurch, dass mit der periodischen Abgabe von Lerntagebüchern über die gesamte Dauer des Semesters auch diejenigen Studierenden erfasst werden konnten, die den Posttest in der letzten Veranstaltung des Semesters nicht mehr absolvieren konnten. Die nachfolgenden Tabellen zeigen Teilnehmerzahlen, Geschlechter- und Gruppenverteilungen im qualitativen Teil der Studie.

Tab. 8.28: Lerntagebücher – Verteilung der Geschlechter

	Häufigkeit	Prozent
weiblich	53	62
männlich	32	38
Gesamt	85	100

72 MAXQDA: Variablen > Statistik für Dokumentenvariablen

Tab. 8.29: Lerntagebücher – Anzahl der Teilnehmer pro Mediennutzungsgruppe

	Häufigkeit	Prozent
TN SIM	48	56
TN MAN	37	44
Gesamt	85	100

Tab. 8.30: Geschlechterverteilung der Stichprobe in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	TN SIM	TN MAN	Gesamt
weiblich	27	26	53
männlich	21	11	32
Gesamt	48	37	85

Während sich die Lerntagebücher der Teilnehmerinnen zahlenmäßig relativ ausgeglichen auf die beiden Mediennutzungsgruppen verteilen, ergibt sich bei den männlichen Teilnehmern ein Übergewicht in der Gruppe mit simulativen Medienelementen. Aufgrund der Ungleichgewichtung innerhalb der Geschlechter und Gruppen werden für quantitative Analysen zu den Kategorien und Subkategorien daher nicht die absoluten, sondern die jeweils auf die Gruppengröße bezogenen relativen Codehäufigkeiten verwendet.

Datenqualität und -aufbereitung: Die von den Studierenden zu den 12 Lerneinheiten abgegebenen Lerntagebücher ergaben insgesamt über 900 Einzeldokumente. Eine erste Sichtung des Materials zeigte, dass sich die Ausführungen der Studierenden überwiegend an den Begriffen orientierten, die in der Dokumentenvorlage für das Lerntagebuch vorgegeben war. Die Binnenstrukturierung der Texte entsprach damit vielfach der Liste. Teilweise wurden jedoch nur einzelne Aspekte bearbeitet. Die nicht weiter kommentierten Begriffe wurden im Zuge der Datenaufbereitung gelöscht. Ausgenommen davon waren Begriffe, die entweder durch Kennzeichnung wie Fettdruck oder Ergänzung mit einem Haken markiert wurden und offensichtlich Berücksichtigung finden sollten.
Die Beantwortungstiefe der Ausführungen variierte sehr stark. Während das Gros der Studierenden die vorgeschlagenen Begriffe als Anker für kurze Statements nutzte bzw. Zustimmung oder Ablehnung durch Streichung, Ankreuzen oder ergänzende Bemerkungen zu den Punkten zum Ausdruck brachte, argumentierte ein geringerer Teil freier und an einigen Punkten differenzierter. Allerdings geht dieser Detailgrad dann zumeist zu Lasten anderer Aspekte.
Der um die nicht weiter bearbeiteten Begriffe bereinigte Textkorpus wurde anschließend zu 85 Falldateien bzw. Dokumenten zusammengefasst. Diese wurden in das Analyseprogramm MAXQDA importiert und für eine textstellenbasierte Codierung weiter aufbereitet (vgl. Kuckartz 2010, S. 101). Für quantitative Analysen wurden die Fälle mit Variablen zur Kennzeichnung von Geschlecht und Gruppenzugehörigkeit ergänzt und anschließend zu Dokumentensets zusammengefasst.[73]

Kategorienbildung und probeweises Codieren: Nach dem Import der Falldateien in das Analyseprogramm wurden die Texte im Hinblick auf die Bildung von Kategorien durchgesehen. Aufgrund der engen Anlehnung der Urteile der beteiligten Personen an die vorgegebene Begriffsliste konnte das Kategorienschema davon abgeleitet werden. Die Subkategorien wurden

[73] MAXQDA: Dokumentensets über Variablen erstellen über Mixed Methods > Aktivieren via Dokumentenvariablen

in einem iterativen Prozess festgelegt, bei dem sich probeweise Codiervorgänge mit der Zu- oder Umordnung von Ankerbeispielen abwechselten. Sowohl für die Einschätzungen zum Punkt „Erleben des Lernprozesses“ als auch zum Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ ergab sich auf diese Weise ein dreistufiges Klassifikations- bzw. Kennzeichnungssystem für das Material (vgl. Kelle & Kluge 2010, S. 73). Festgelegt wurde für die Subkategorien ein oberer Ausprägungsgrad, der Äußerungen mit besonderer Zustimmung zu dieser Kategorie erkennen lässt, ein mittlerer Ausprägungsgrad, dem Voten mit grundsätzlicher oder unspezifischer Zustimmung zugeordnet wurden sowie ein unterer Ausprägungsgrad, der die eher ablehnenden bzw. verhaltenen Urteile zu dieser Kategorie repräsentieren sollte. Die Tabellen 8.31-8.34 zeigen die Kategorien, Subkategorien und Ankerbeispiele für die jeweils zugeordneten Bemerkungen.

Tab. 8.31: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Erleben des Lernprozesses“

		Erleben des Lernprozesses
Interesse	Gesteigertes Interesse	Äußerungen, die über das reine "Interesse geweckt" oder eher neutrale bis eher verhaltene "grundsätzlich vorhanden" hinausgehen, also Äußerungen wie "förderte mein Interesse", "wurde zweifelsfrei geweckt", "wurde zusätzlich geweckt", "fand ich sehr interessant/wichtig", oder "sehr interessant". Auch Komperative wie: "interessanter",
	Gewecktes/vorhandenes Interesse	„war/ist interessant“, „ganz interessant“, "entsteht grundsätzlich", "war grundsätzlich vorhanden", „ wurde geweckt“, "führt zur Entwicklung von Interesse", „wirkt sich positiv auf das Interesse aus“, "regt Interesse an", „fand ich interessant“ oder „interessante Medien“, „Interesse gestiegen“
	Kein/geringen Interesse	„kein“, „geringes“, „vermindertes“, „schwindendes“ oder „mäßiges Interesse“
Motivation	Gesteigerte Motivation	„überdurchschnittlich“, „hoch“, „sehr hoch“, „spitze“, "sehr motiviert", "man beschäftigt sich gerne", „erhöhte Motivation“, „sehr motivierend“, „Motivation war am größten“, „hat einen am Ehrgeiz gepackt“
	Geweckte/vorhanden Motivation	"war motiviert", "Motivation wurde geweckt", "förderte meine Motivation", "war grundsätzlich vorhanden", "konnte zur Motivation beitragen", "regt Motivation an", „wirkt sich positiv auf meine Motivation aus“, „fühlt sich gut an“, „gerne bearbeitet“
	Keine/geringe Motivation	„keine“, „geringe“, „verminderte“ oder „mäßige Motivation“, „demotivierend“, „Motivation blieb auf der Strecke“, „hielt sich in Grenzen“
Zugang	Zugang einfach	„einfacher, leichter oder schneller Zugang", „schneller Überblick“, „schnelle Einarbeitung“, „konnte sehr gut damit arbeiten“, „schnelle und zügige Bearbeitung möglich“, „leicht verständlich“
	Zugang gegeben	"gute Bearbeitung möglich", "war gut verständlich", „man bekommt ein Gefühl für“, „Zugang angemessen“, „Zugang wird erleichtert“, „konnte gut damit umgehen“
	Zugang schwer	„erschwert“, „schwer zu verstehen“, „nicht intuitiv“, „ungewohnt“
Lernhilfe	Lernhilfe hoch	Umfasst: „groß“, sehr hilfreich“, „hoch“
	Lernhilfe gut/ gegeben	„…war Lernhilfe“, „gut erklärt/gestaltet“, „strukturiert aufgebaut“, „gut gegliedert“, „Bereitstellung wichtiger Informationen“, „hilfreiche Grafiken“
	Lernhilfe gering	„nicht gut lösbar“, „nicht hilfreich“, „…ist mir schwer gefallen“, „musste andere Quellen beiziehen“, „magere Informationen“, „ist mir schwer gefallen“, „Lernhilfe begrenzt/ nicht ausreichend“, „Darstellung hat mich verwirrt“, „Überforderung“

Tab. 8.32: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Erleben des Lernprozesses“ (Fortsetzung)

Anschaulichkeit	Anschaulichkeit hoch	„sehr anschaulich/ übersichtlich“, „sehr gut verdeutlicht“, „sehr verständliche Bilder“, „die anschaulichen Beispiele verdeutlichen sehr gut“, „super veranschaulichend“
	Anschaulichkeit gegeben	„Anschaulichkeit angemessen/ relativ gut, gut, vorhanden“, „anschaulicher als“, „übersichtlich gestaltet“, „wird anschaulich erklärt“, Gliederung sorgte für Verständnis“, „leicht verständliche Bilder“, „gelungene Darstellungen“, „klar erkennbare Zusammenhänge“, „gut nachvollziehbar“, „gute Illustrationen“
	Anschaulichkeit gering	„Anschaulichkeit wenig/ schwierig/ nicht so gut“, „Bilder klein“
Schwierigkeit	Keine/ geringe Schwierigkeit	„geringer Schwierigkeitsgrad“, „einfach/ leicht zu erledigen“, „unproblematisch“, „Schwierigkeit niedrig“, „nicht hoch“, „fiel mir nicht schwer“
	Schwierigkeit mittel/ mäßig	„angemessen“, „gegeben“, „nicht zu schwer und nicht zu leicht“, „kleinere Probleme“, „anfangs Schwierigkeiten“, „etwas schwierig“, „etwas komplizierter“, „nicht ganz einfach“, „es braucht einige Zeit“, „Einarbeitung notwendig“, „ein wenig Schwierigkeiten“, „etwas unklar“
	Schwierigkeit erhöht/ hoch	„fand ich schwierig/ schwer/ sehr komplex“, „nicht ganz einfach“
Freude	Freude hoch	„Freude sehr hoch“, „hat Spaß gemacht“, „große/ viel Freude“, „wirklich toll“, „hat mir sehr gut gefallen“
	Freude gegeben	„macht Freude“, „gegeben“, „nicht langweilig“, „Freude wird vermittelt“, „man beschäftigt sich gerne“, „hat mir gefallen“, „war nett“
	Freude gering	„mäßig“, „nun ja“, „gering“, „trocken und theoretisch“, „frustriert“, „nicht spannend“, „nur bedingt vorhanden“, „hat mir den Spaß genommen“, „demotivierend“, „kein Spaß“
Lernklima	Lernklima sehr gut	„super“, „sehr angenehm“, „top“, sehr gut“, „hoch“
	Lernklima gut/ angemessen	„nett“, „angenehm“, „positiv“, „gegeben“, „ok“, „harmonisch“
	Lernklima wenig angenehm	„Lernklima angespannt/ minimalistisch/ trocken“
Lernerfolg	Großer/ hoher verbesserter Lernerfolg	„schneller/ hoher Lernerfolg“, „sehr gut“, „Top“, „Gelerntes kann besser behalten werden“, „konnte viel lernen“, „Lernerfolg erhöht“, „sehr guter Lerneffekt“
	Lernerfolg grundsätzlich vorhanden	„Lernerfolg gegeben“, „fühle mich jetzt kompetent“, „Informationen konnten gewonnen werden“, „fühle mich jetzt sicher“, „hat den Lernerfolg erhöht“, „Problem erschloss sich nach und nach“, „Verständnis hat sich eingestellt“, „wirkt sich positiv auf Lernerfolg aus“, „Fragen konnten beantwortet werden“, „konnte gelöst werden“, „Verständnis/ Bewusstsein wurde geschaffen“, „jetzt verstehe ich“, „mir wurde klar“, „ich konnte sehen, dass…“
	Lernerfolg gering bzw. nicht abschätzbar	„gering“, „wird sich erst noch zeigen“, „nicht abschätzbar“, „unsicher, ob Lernerfolg“, „naja“, „keine Angaben möglich“, „nicht so groß“

Tab. 8.33: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“

Transfer	Transfer sehr gut möglich	„das Gelernte kann direkt übertragen werden“, „sehr nützlich“, „sehr verwendbar“, „mit dem Wissen kann man…“ , „sehr hoher Praxisbezug“, „Wissen ist wichtig für“, „für die Allgemeinbildung wichtig“, Codiert werden hier auch Bemerkungen, die auf reflektierten Transfer bzw. eine Anwendung des Wissens hindeuten.
	Transfer gegeben	„lässt sich anwenden“, „gut anwendbar“ „Wissen kann dazu verwendet werden“, „kann man verwenden“, „Bearbeitung ist sinnvoll, weil…“, „praktische Anwendung“, „Allgemeinwissen“, „Transfer auf Berufsfelder“, Lebensweltbezug“, „regt zum Nachdenken an“, „Thema zeigt auf, dass“, Alltagstransfer“, „als Basiswissen nützlich“, „für den Bau eines Hauses übertragen“
	Transfer schwer/ nicht möglich	„keine praktische Anwendung“, „Wissen nur für Ingenieure notwendig“, „eher unwichtig“, „keine praktische Anwendung“, „bezugsfremd“, „kein Transfer möglich“, „nur minimal verwertbar“, „für Allgemeinwissen nicht wichtig“, „Verwertbarkeit eher gering“
Alltag	Alltagsbezug hoch	„für mein Handeln sehr wichtig“, „im Alltag sehr nützlich“, „absolut alltagstauglich/ alltagsnah“, „im Haushalt wichtig“, „für das eigene Lebens wichtig“, „hoher Alltagswert“, „alle davon im Alltag betroffen“, „kann direkt in den Alltag integriert werden“, „kann sehr gut in Alltagssituationen genutzt werden“, „wichtig im Alltag“, „bedeutsam“, „lebensnah“, „Wissen darüber unabdingbar“, „definitiv im Alltag brauchbar“, „allgegenwärtig im Alltag“, „guter Alltagsbezug“, „im Alltag generell anwendbar“
	Alltagsbezug gegeben	„nützlich“, „im Alltag anwendbar“, „man kann dann mitreden“, „kann gut eingesetzt werden“, „unterstützt mich bei der Bewältigung des Alltags“, „hilft mir im Alltag“, „kann im Alltag genutzt werden“, „kann auf alltägliche Probleme übertragen werden“, „gut, einmal darüber gehört zu haben“, „vorteilhaft“, „verwertbares Wissen“, „informativ“
	Alltagsbezug fraglich/ keiner/ gering	„wenig brauchbar“, „wenig nützlich“, „keine Anwendung“, „kein/geringer Nutzen“, „nicht allzu oft verwendbar“, „für Alltag nicht dringend notwendig“, „Nutzen bezweifle ich“, „unnützes Wissen“, „wenig brauchbar“, „nicht alltagstauglich“, „für meine Zukunft nicht relevant“, „Verknüpfung mit Alltagssituationen/Praxis fällt schwer“

Tab. 8.34: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ (Fortsetzung)

Technikzentrierte Gesellschaft	Gesellschaftsbezug hoch	„besonders wichtig, z.B. in Zeiten der Energiewende“, sehr wichtig“, „topaktuelles Thema in Medien/Politik“, „Themenfelder, die immer mehr an Wichtigkeit gewinnen“, „große Bedeutung für die technikzentrierte Gesellschaft“, „für die Menschheit überlebensnotwendig“, „zentrales Thema“, „hohe Gegenwarts- bzw. Zukunftsrelevanz“, „interessant für gesamtgesellschaftliche Auswirkungen“
	Gesellschaftsbezug gegeben	„Alltägliches Thema in der Gesellschaft“, „Bedeutung für Arbeitswelt/ Digitalisierung“, „Erkenntnis über technischen Fortschritt“, „heute und in Zukunft wichtig“, „hilft sich in der technikzentrierten Gesellschaft zurecht zu finden“, Auswirkungen auf die Wirtschaft“, „allgegenwärtig in den Medien“
	Gesellschaftsbezug gering	„nicht schwerwiegend/ wichtig“
Lehrer für Wirtschaft und Beruf	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/ Schule hoch	„Sehr gute Eignung, um … beizubringen“, „für die Schüler sehr wichtig/ wichtig/auf alle Fälle von Vorteil“, „Beschäftigung als Lehrer sehr sinnvoll“, „für mich als Lehrkraft sehr nützlich/ wichtig“, „für meine Rolle als Lehrer für Wirtschaft und Beruf von entscheidender Bedeutung“, „sehr gut in der Schule einsetzbar“, im Unterricht unverzichtbar“, es ist notwendig, die Schüler zu sensibilisieren“, „Inhalte müssen vermittelt werden“, „kann mir sehr gut vorstellen, das Thema zu behandeln“, „Auf jeden Fall im Unterricht verwendbar“, „essentielles Thema für den Unterricht“
	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/ Schule gegeben	„relevant für die Schüler“, „interessant für die Schüler“, „nützlich für den Unterricht“, „gutes Thema im Unterricht“, „für bestimmte Berufe wichtig“, „SuS lernen…“, „ „sollte Schülern näher gebracht werden“, „kann man auch mit Schülern bearbeiten“, „gut im Unterricht einsetzbar“, „hilft mir als Lehrer“, „Anwendung im Unterricht kann ich mir vorstellen“, „sinnvoll für Schüler“, „kann mir durchaus vorstellen, das Thema zu behandeln“, „Wissen kann genutzt werden“, „schadet nicht, als Lehrer zu wissen“
	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/ Schule keiner/gering	„für mich kein aktuelles Thema“, „für Mittelschule eher nicht geeignet“, „zu schwierig/ komplex für die Schüler“, „nur schwer für die Mittelschule verwendbar“, „zu anspruchsvoll“, „Wissen brauche ich als Lehrkraft nicht“, „keine Anwendung, weil ich mich zu wenig auskenne“

Codieren des Materials: Nach den probeweisen Codierdurchgängen und der Festlegung der Subkategorien wurde das gesamte Material entlang der in Tabellen 8.31 bis 8.34 aufgeführten Anker codiert. Ebenfalls mit Codes markiert wurden die zu den einzelnen Lerneinheiten gehörenden Textabschnitte. Dadurch lassen sich die Urteile der beteiligten Personen exakt auf die jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkte der Lerneinheiten beziehen.

Für eine möglichst einheitliche Behandlung der Texte wurden einige Festlegungen getroffen. Begriffe, die von den an der Studie beteiligten Personen aus der vorgegebenen Liste in irgendeiner Form markiert wurden (z.B. durch Fettdruck, Haken oder bewusste Aussonderung) wurden mit „gegeben“ ergänzt und jeweils den Subkategorien auf mittlerem Niveau zugeordnet. Begriffe bzw. Begriffslisten, die keinerlei Veränderungen erkennen ließen, wurden – sofern sie nicht schon vorher gelöscht wurden – bei der Codierung nicht weiter berücksichtigt. In der Regel wurde pro Lerneinheit nur jeweils ein Textsegment mit einem spezifischen Subcode erfasst. Abweichend davon wurden Textstellen dann mit demselben Code registriert, wenn damit Einschätzungen auf einem anderen Niveau zum Ausdruck gebracht wurden. In einem weiteren Verfahrensschritt wurden alle gleich codierten Textstellen aufgelistet und auf ihre inhaltliche Kongruenz überprüft.
Die Codierung des Materials erfüllt im Wesentlichen zwei Funktionen: Sie erlaubt zum einen eine Frequenzanalyse und zum anderen eine interpretative Analyse der „verkodeten“ Textstellen.

Reliabilität der Codierung: In einem weiteren Schritt der Qualitätssicherung wurden durch Zufallsprinzip 10 Prozent der Fälle ausgewählt und das Material von zwei weiteren Bearbeitern auf der Grundlage der definierten Kategorien und Ankerbeispiele codiert. Bei den Personen handelte es sich einmal um eine wissenschaftliche Hilfskraft mit Codiererfahrung und zum anderen um eine studentische Hilfskraft ohne entsprechende Kenntnisse. Beide Personen waren bis dato nicht in die Studie involviert und erhielten im Vorfeld ihrer Arbeit eine ausführliche Schulung.
Ziel dieses methodischen Schrittes war es, das Code-System mit seinen Ankerbeispielen zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Im Anschluss an die Codiervorgänge der Mitarbeiter/innen wurde die Inter-Coder-Reliabilität ermittelt (Kuckartz 2010, S. 61). Die Bewertung der Übereinstimmungsgüte wurde mit der entsprechenden Funktion des Analyseprogramms zur Bestimmung von Cohens Kappa-Koeffizient κ vorgenommen (Cohen, 1960). Anders als die Bestimmung einer rein prozentualen Übereinstimmung werden bei diesem Wert auch zufällige Übereinstimmungen berücksichtigt. Der Kappa-Koeffizient hat einen Wertebereich von -1 bis maximal +1. Je höher der Wert, desto besser ist die Beobachterübereinstimmung.
Im Zuge der Überprüfung der Übereinstimmung der Urteile mit der ersten Kontrollperson ergaben sich zunächst etliche Abweichungen und partiell ungünstige Kappawerte. Bei der Suche nach den Ursachen zeigte sich, dass dies zum einen daran lag, dass einige Kategorien eine zu geringe Trennschärfe aufwiesen. Probleme traten insbesondere bei der Abgrenzung der Kategorien Zugang, Anschaulichkeit und Schwierigkeit, sowie beim Alltagsbezug und Transfer auf. Ein weiterer Grund für Abweichungen lag jedoch auch in der bei der Codierschulung nicht exakt definierten Art der Grenzziehung für die zu codierenden Segmente. Während vom ersten Codierer beispielsweise Aussagen zu zwei Kategorien durch die zweimalige Codierung des ganzen Satzes erfasst wurde, kennzeichnete der andere Codierer jeweils nur die entsprechenden Satzteile. Die Abweichungen wurden identifiziert und besprochen und die jeweiligen Ankerbeispiele genauer formuliert sowie das Material teilweise umcodiert. Die Informationen aus diesem ersten Prüfvorgang flossen in die Codierschulung der dritten Codiererin mit ein. Auch anhand der sich in diesem Schritt ergebenden Erkenntnisse wurden am Codiersystem noch einmal leichte Änderungen vorgenommen und auf die anderen Falldateien übertragen. Die nach der Modifikation des Materials noch einmal festgestellten Intercodierrealiabilitäten (s. Tabelle) liegen größtenteils in einem Bereich zwischen 0,60 und 0,80 und können damit als gut bis sehr gut bezeichnet werden (Bortz & Döring 2016, S. 346).

8.6.2 Quantitative und qualitative Auswertung der Falldokumente

Die Auswertung des mit der Studie gewonnenen Textmaterials erfolgte mittels der durch das Analyseprogramm zur Verfügung gestellten Werkzeuge. Code-Häufigkeits- bzw. Vergleichstabellen[74] beispielsweise gewähren einen Überblick, welche der kategorisierten Aussagen im Material der über Dokumentensets definierten Gruppen wie oft vorkommen. Durch die Segmentierung der Texte mit Codes für die 12 Lerneinheiten lässt sich etwaigen inhaltlichen Einflüssen auf die Einschätzungen nachspüren. Hierfür wurde die Überschneidungsfunktion[75] des Programms genutzt, mit der sich zeigen lässt, wie viele Segmente mit zwei beliebigen Codes gleichzeitig codiert sind. Die Untersuchung von Worthäufigkeiten[76] und Wortvarianzen lässt Einschätzungen zur Tiefe und Elaboriertheit der Aussagen zu. Über die Bildung kategorialer Variablen, die jedem Fall diejenige Ausprägung zuordnet, die bei diesem Dokument am häufigsten codiert wurde, kann das Material zusätzlich analysiert werden[77]. Alle diese eher quantitativ-statistischen Verfahren sollten Anhaltspunkte über mögliche Besonderheiten und Zusammenhänge liefern, denen anschließend weiter nachgespürt wurde (vgl. Schmidt 2015). Dazu wurde das Material fallübergreifend entlang der Subkategorien und Dokumentensets zusammengestellt und synoptisch erschlossen[78] (vgl. Kelle & Kluge 2010, S. 110).

8.6.2.1 Analyse der Textstellen zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“

Ausgangspunkt der vorliegenden Studie war die Annahme, dass simulative Medienelemente mit ihrem Potenzial an Repräsentations- und Interaktionsmöglichkeiten moderierend auf Lernmotivation und Interesse an Bildungs- bzw. Lerninhalten einwirken und so das technikbezogene Selbstkonzept mit seinen konativen, motivationalen und kognitiven Bestandteilen günstig beeinflussen. Mit der in der Dokumentenvorlage zum Lerntagebuch aufgeführten Begriffsliste zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ sollte der Fokus der Studienteilnehmenden vorrangig auf die motivationalen Aspekte der Arbeit mit den Medien gelenkt werden, ohne den Raum für individuelle Urteile durch konkrete Fragen vorschnell einzuengen. Nachfolgend werden die Einschätzungen der Studierenden zu den Begriffen aus dem Lerntagebuch quantitativ und qualitativ analysiert.

Dominanz von Subkategorien in den Falldokumenten: Das Analysematerial umfasst die in jeweils einer Falldatei zusammengetragenen Einschätzungen der 85 teilnehmenden Studierenden zu den 12 Lerneinheiten. Da sich die für jede Person gebildete Falldatei aus Urteilen zu verschiedenen Lerneinheiten zusammensetzt, beinhaltet sie zumeist mehrere Textstellen, die mit der gleichen Kategorie bzw. Subkategorie codiert wurden. Für die quantitative Auswertung der Materialien muss daher unterschieden werden zwischen der Kategorienhäufigkeit, bezogen auf alle Texte und der Kategorienhäufigkeit, bezogen auf einzelne codierte Segmente (Kuckartz 2014, S. 131). Einen ersten Eindruck über die Verteilung der Subkategorien im vorhandenen Material ergibt eine Analyse ihrer Dominanz in den Falldateien. Um diese festzustellen, wird einem Fall diejenige Subkategorie zugeordnet, die dort am häufigsten codiert wurde. Wenn verschiedene Subkategorien gleich häufig codiert wurden, wird der Variablenwert auf „nicht definiert“ gesetzt. Die beiden nachfolgenden Tabellen geben darüber Aufschluss, welche Subkategorien in wie vielen Falldokumenten innerhalb der Mediennutzungsgruppen bzw. Geschlechtergruppen jeweils dominieren.[79]

[74] MAXQDA: Analyse > Gruppen vergleichen > quantitativ (auch über Mixed Methods > Kreuztabelle)
[75] MAXQDA: Visual Tools > Code Relation Browser
[76] MAXQDA: MAXDictio > Worthäufigkeiten
[77] MAXQDA: Typologietabellen
[78] MAXQDA: Analyse > Gruppen vergleichen > qualitativ
[79] MAXQDA: Mixed Methods > Typologietabelle > Die in kategoriale Dokumentenvariablen umgewandelten Codes in Zeilen > die Variable Simulation (0,1) in die Spalten

Tab. 8.35: Dominanz der Subkategorien in den Dokumenten nach Mediennutzungsgruppen – absolute Häufigkeiten und Spaltenprozente

Subkategorien	Manualgruppe (N=37) Anzahl (%)	Simulationsgruppe (N=48) Anzahl (%)
Interesse: gesteigertes Interesse	7 (18.9)	11 (22.9)
Interesse: gewecktes/ vorhandenes Interesse	25 (67.6)	21 (43.8)
Interesse: kein/geringes Interesse	2 (5.4)	3 (6.3)
Interesse: nicht definiert	3 (8.1)*	9 (18.8)*
Motivation: gesteigerte Motivation	4 (10.8)	5 (10.4)
Motivation: geweckte/ vorhandene Motivation	12 (32.4)	19 (39.6)
Motivation: keine/geringe Motivation	6 (16.2)	7 (14.6)
Motivation: nicht definiert	6 (16.2)*	6 (12.5)*
Zugang: Zugang einfach	2 (5.4)	11 (22.9)
Zugang: Zugang gegeben	22 (59.5)	20 (41.7)
Zugang: Zugang schwer	5 (13.5)	6 (12.5)
Zugang: nicht definiert	5 (13.5)*	5 (10.4)*
Lernhilfe: Lernhilfe hoch	1 (2.7)	4 (8.3)
Lernhilfe: Lernhilfe gut/ gegeben	21 (56.8)	24 (50.0)
Lernhilfe: Lernhilfe gering	5 (13.5)	7 (14.6)
Lernhilfe: nicht definiert	6 (16.2)*	4 (8.3)*
Anschaulichkeit: Anschaulichkeit hoch	4 (10.8)	16 (33.3)
Anschaulichkeit: Anschaulichkeit gegeben	25 (67.6)	21 (43.8)
Anschaulichkeit: Anschaulichkeit gering	1 (2.7)	0
Anschaulichkeit: nicht definiert	6 (16.2)*	6 (12.5)*
Schwierigkeit: Keine/geringe Schwierigkeit	6 (16.2)	5 (10.4)
Schwierigkeit: Schwierigkeit mittel/ mäßig	9 (24.3)	11 (22.9)
Schwierigkeit: Schwierigkeit erhöht/hoch	14 (37.8)	16 (33.3)
Schwierigkeit: nicht definiert	6 (16.2)*	11 (22.9)*
Freude: Freude hoch	6 (16.2)	14 (29.2)
Freude: Freude gegeben	3 (8.1)	14 (29.2)
Freude: Freude gering	8 (21.6)	5 (10.4)
Freude: nicht definiert	7 (18.9)*	3 (6.3)*
Lernklima: Lernklima sehr gut	4 (10.8)	3 (6.3)
Lernklima: Lernklima gut/ angemessen	14 (37.8)	20 (41.7)
Lernklima: Lernklima wenig angenehm	0	1 (2.1)
Lernklima: nicht definiert	1 (2.7)*	2 (4.2)*
Lernerfolg: großer/hoher/verbesserter Lernerfolg	2 (5.4)	6 (12.5)
Lernerfolg: grundsätzlich vorhanden	15 (40.5)	23 (47.9)
Lernerfolg: geringer Lernerfolg	9 (24.3)	3 (6.3)
Lernerfolg: nicht definiert	2 (5.4)*	5 (10.4)*
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)

*Anmerkungen: * Ausprägungen wurden innerhalb der Dokumente gleich häufig codiert*

Offensichtlich ist, dass Urteile auf dem oberen Bewertungsniveau in den Dokumenten der Simulationsgruppe etwas häufiger vorkommen. Fasst man die obere und mittlere Subkategorie

als Belege für eine grundsätzlich positive Einstellung zu der jeweiligen Mediennutzungsart zusammen, nivellieren sich die Unterschiede jedoch wieder. Die Aufteilung der Dokumente nach jeweils dominierenden Subkategorien in den Geschlechtergruppen ergibt kein einheitliches Bild (Tab. 8.36).

Tab. 8.36: Dominanz der Subkategorien in den Dokumenten nach Geschlecht– absolute Häufigkeiten und Spaltenprozente

Subkategorien	Geschlecht = m (N=32) Anzahl (%)	Geschlecht = w (N=53) Anzahl (%)
Interesse: gesteigertes Interesse	11 (34.4)	7 (13.2)
Interesse: gewecktes/ vorhandenes Interesse	15 (46.9)	31 (58.5)
Interesse: kein/geringes Interesse	2 (6.3)	3 (5.7)
Interesse: nicht definiert	3 (9.4)*	9 (17.0)*
Motivation: gesteigerte Motivation	4 (12.5)	5 (9.4)
Motivation: geweckte/ vorhandene Motivation	10 (31.3)	21 (39.6)
Motivation: keine/geringe Motivation	4 (12.5)	9 (17.0)
Motivation: nicht definiert	8 (25.0)*	4 (7.5)*
Zugang: Zugang einfach	6 (18.8)	7 (13.2)
Zugang: Zugang gegeben	14 (43.8)	28 (52.8)
Zugang: Zugang schwer	6 (18.8)	5 (9.4)
Zugang: nicht definiert	4 (12.5)*	6 (11.3)*
Lernhilfe: Lernhilfe hoch	2 (6.3)	3 (5.7)
Lernhilfe: Lernhilfe gut/ gegeben	13 (40.6)	32 (60.4)
Lernhilfe: Lernhilfe gering	6 (18.8)	6 (11.3)
Lernhilfe: nicht definiert	4 (12.5)*	6 (11.3)*
Anschaulichkeit: Anschaulichkeit hoch	5 (15.6)	15 (28.3)
Anschaulichkeit: Anschaulichkeit gegeben	22 (68.8)	24 (45.3)
Anschaulichkeit: Anschaulichkeit gering	0	1 (1.9)
Anschaulichkeit: nicht definiert	2 (6.3)*	10 (18.9)*
Schwierigkeit: Keine/geringe Schwierigkeit	7 (21.9)	4 (7.5)
Schwierigkeit: Schwierigkeit mittel/ mäßig	6 (18.8)	14 (26.4)
Schwierigkeit: Schwierigkeit erhöht/hoch	9 (28.1)	21 (39.6)
Schwierigkeit: nicht definiert	4 (12.5)*	13 (24.5)*
Freude: Freude hoch	7 (21.9)	13 (24.5)
Freude: Freude gegeben	5 (15.6)	12 (22.6)
Freude: Freude gering	5 (15.6)	8 (15.1)
Freude: nicht definiert	5 (15.6)*	5 (9.4)*
Lernklima: Lernklima sehr gut	3 (9.4)	4 (7.5)
Lernklima: Lernklima gut/ angemessen	12 (37.5)	22 (41.5)
Lernklima: Lernklima wenig angenehm	0	1 (1.9)
Lernklima: nicht definiert	1 (3.1)*	2 (3.8)*
Lernerfolg: großer/hoher/verbesserter Lernerfolg	4 (12.5)	4 (7.5)
Lernerfolg: grundsätzlich vorhanden	15 (46.9)	23 (43.4)
Lernerfolg: geringer Lernerfolg	4 (12.5)	8 (15.1)
Lernerfolg: nicht definiert	0*	7 (13.2)*
N (Dokumente)	32 (37.6%)	53 (62.4%)

Anmerkungen: * Ausprägungen wurden innerhalb der Dokumente gleich häufig codiert

Im Anschluss werden die quantitativen und qualitativen Zusammenhänge für die Kategorien bzw. Subkategorien im Einzelnen beleuchtet. Die quantitativen Analysen beziehen sich zum einen auf die Kategorienhäufigkeit bezogen auf Dokumentensets (Gruppen), zum anderen auf die Kategorienhäufigkeit bezogen auf die thematisch unterschiedlichen Lerneinheiten.

8.6.2.1.1 Interesse

Quantitative Häufigkeitsanalyse: In Bezug auf die Kategorie „Interesse“ zeigt der Vergleich der Gruppen mit unterschiedlicher Mediennutzung vor allem Unterschiede bei den Randdimensionen (s. Tab. 8.37). Die Anzahl der Codings für die Subkategorie „gesteigertes Interesse“ ist in der Simulationsgruppe prozentual höher als in der Manualgruppe. In dieser wiederum existiert anscheinend eine größere Bereitschaft zu Aussagen, die der Subkategorie „kein/geringes Interesse“ zugerechnet werden können. Eine Analyse nach Geschlechtern zeigt, dass die Unterschiede bei den Randausprägungen wohl geschlechtlich bedingt sind. Die männlichen Teilnehmer der Simulationsgruppe beurteilen ihr Interesse etwas enthusiastischer (s. Tab. 8.38).

Tab. 8.37: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Interesse“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
gesteigertes Interesse	58 (28.6%)	94 (38.2%)	152 (33.9%)
gewecktes/ vorhandenes Interesse	113 (55.7%)	130 (52.8%)	243 (54.1%)
kein/geringes Interesse	32 (1.58%)	22 (8.9%)	54 (12.0%)
SUMME	203 (100%)	246 (100%)	449 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.38: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Interesse“ in Bezug auf Gruppen und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
gesteigertes Interesse	24 (39.3%)	69 (49.3%)	34 (23.9%)	25 (23.6%)	152 (33.9%)
gewecktes/ vorhandenes Interesse	31 (50.8%)	58 (41.4%)	82 (57.7%)	72 (67.9%)	243 (54.1%)
kein/geringes Interesse	6 (9.8%)	13 (9.3%)	26 (18.2%)	9 (8.5%)	54 (12.0%)
SUMME	61 (100%)	140 (100%)	142 (100%)	105 (100%)	449 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Auskunft über Schwankungen der Kategorie „Interesse“ in Abhängigkeit vom jeweiligen Thema der Lerneinheit bzw. in Abhängigkeit von der Art der Mediennutzung gibt die prozentuale Verteilung der Codings für die Subkategorien (s. Tab. 8.39).
Die Zahlen lassen den vorsichtigen Schluss zu, dass sich mit Ausnahme der Lerneinheiten 4 (Stoff) und 11 (Technikbewertung) prozentual mehr Studienteilnehmer aus der Simulationsgruppe für ein Votum in Richtung gesteigertes Interesse entscheiden. Dagegen finden sich mit

Ausnahme der Lerneinheiten 2 und 4 sowie der Lerneinheit über Technikbewertung im prozentualen Vergleich innerhalb der Manualgruppe häufiger Codings für die Ausprägung „kein/geringes Interesse“.

Tab. 8.39: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Interesse“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	gesteigertes Interesse	gewecktes/ vorhandenes Interesse	kein/geringes Interesse	gesteigertes Interesse	gewecktes/ vorhandenes Interesse	kein/geringes Interesse
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	17	83	-	32	68	0
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	-	100	-	39	44	17
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	17	75	8	38	63	0
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	55	45	-	21	74	5
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	44	33	22	65	30	4
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	29	41	29	38	38	25
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	20	50	30	27	59	14
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	15	75	10	25	75	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	33	50	17	56	32	12
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	15	50	35	41	55	5
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	56	44	-	50	33	17
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	27	47	27	44	50	6

Qualitative Analyse: Analysiert man die Dokumente im Wortlaut, lassen die meisten Bemerkungen ein sachbezogenes, intrinsisches Interesse erkennen. So werden Äußerungen zum Beispiel häufig mit Aktualität, Alltags- oder Realitätsbezug bzw. persönlicher Betroffenheit begründet. Ein Beispiel für diesen Typus des Techniknutzers oder Technikbetroffenen ist das Urteil von TN Sabrina (Gruppe MAN, w) zur Aufgabe der Lerneinheit 4 „Kategorie Stoff“, bei

der Baustoffe entlang verschiedener Anforderungen ausgewählt werden sollten:

„Interesse: war groß, da das Thema zum eigenen Leben gehört → eigener Hausbau in der Zukunft."

TN IW1957 (Gruppe SIM, m) äußert sich zur Aufgabe der Lerneinheit 11, Technikbewertung, folgenermaßen:

„Ich persönlich finde es sehr interessant, technische Errungenschaften von verschiedenen Seiten zu betrachten und von daher eine Kosten-Nutzen- Rechnung aufzustellen. Die Frage was darf der Mensch, wo gibt es Grenzen? Eigentlich drifted man von der Technik ins Philosophische ab, aber ich finde Gerade das Spannend, vor Allem auch die Diskussionen, wo am Schluss der Weg das Ziel ist."

Die Art des Mediums kann anscheinend ebenfalls das Interesse der Lerner mit beeinflussen. Das lässt sich aus Äußerungen, wie den Folgenden schließen:

„Interesse: mein Interesse stieg beim Labor-Teil, da das Messen Spaß gemacht hat und die Unterschiede der unterschiedlichen Heiztechniken deutlich wurden." (TN ID1959, Gruppe SIM, w)

„Interesse: gering, da nichts passiert (keine Animation der Eingaben)." (TN KB1955 Gruppe MAN, w)

Die besonderen Möglichkeiten der simulativen Apps werden nicht allein aus der eigenen Lerner- oder Mediennutzerperspektive, sondern an verschiedenen Stellen auch aus Lehrer- oder Schülerperspektive bewertet:

„Da ich selbst schon Erfahrungen im Betrieb sammeln konnte, hat der Abschnitt 7.2.3.1 „Arbeitsteilung als grundlegendes Organisationsprinzip der Produktion" mein Interesse geweckt, zumal das auch für meinen zukünftigen Unterricht von Bedeutung ist." (TN LA1986, Gruppe SIM, w)

„Durch die Grafik und das Einbinden der Schüler in das Thema wird bei den Schülern das Interesse und die Motivation sich mit dem Thema auseinander zusetzen geweckt." (TN KL1990, Gruppe SIM, w)

„Durch das eigene Ausprobieren wird auch das Interesse der Schüler geweckt." (TN SH 1964, Gruppe SIM, w)

Wenig ausführlich stellen sich generell die Bemerkungen dar, mit denen kein oder ein geringes Interesse bekundet wird. Eine Analyse der Gründe ist daher schwierig. Beim Gros der etwas ausführlicheren Äußerungen wird fehlendes Interesse stofflich bzw. thematisch begründet. Nur vereinzelt finden sich medienbezogene Statements (*„Interesse: materialabhängig. Mit Papier weniger Interessant."* TN 1529140X6, Gruppe MAN, w). Auch die Komplexität der Thematik bzw. Aufgabe spielt für einige Teilnehmer/innen eine Rolle. Deutlich wird diese Lernerperspektive bei Urteilen zur Kategorie „Interesse" wiederum an TN Sabrina (Gruppe MAN, w):

„Interesse: Persönlich bin ich nicht sonderlich begabt im Programmieren. Daher war die Arbeit für mich schon etwas anstrengend, wenngleich ich mich auch bemüht habe, interessiert zu sein."

Resümee: Interesse kann grundsätzlich als Antrieb verstanden werden, sich mit einer Sache zu beschäftigen und gilt als intervenierender Faktor für das individuelle Selbstkonzept. Gleichzeitig nehmen selbstbezogene Einschätzungen Einfluss auf das Engagement oder die Vermeidung von Handlungsbereichen als mögliche Interessensgebiete (vgl. Möller & Trautwein 2014; Schiefele & Schaffner 2015, S. 166; Wender 2005, S. 48). Eine besondere Bedeutung für Lernvorgänge wird der sachbezogenen, intrinsischen Motivation beigemessen. Intrinsisch motivierte Verhaltensweisen können auch als „interessenbestimmte Verhaltensweisen" bezeichnet werden (Deci & Ryan 1993, S. 225). Interesse lässt sich so als Bedeutungsgefühl charakterisieren, dass sich durch den Bezug des Themas zur eigenen Lebenswelt oder zur gesellschaftlichen bzw. technologischen Wirklichkeit einstellt. Auch in den Statements etlicher der Studienteilnehmenden wird das Interesse an der Arbeit mit den Medienelementen an der Relevanz der damit transportierten Inhalte für das eigene Leben bzw. für den Alltag festgemacht. Im zahlenmäßigen Vergleich der codierten Textstellen fallen die Urteile zur Kategorie „Interesse" in der Simulationsgruppe insgesamt günstiger aus. Eine mögliche Erklärung der Bewertungsunterschiede zwischen den Gruppen liefert die Motivationstheorie mit ihren verschiedenen Ansätzen zur Abgrenzung oder Bindung von Motivationskomponenten.

Nach Andreas Krapp (1999, S. 400) beispielsweise lässt sich die intrinsische Motivation analytisch noch einmal in zwei Komponenten unterteilen: In eine wertbezogene und eine emotionale Komponente. Interesse auf der wertbezogenen Ebene bedeutet, dass eine Person den Gegenstand des Interesses vorübergehend oder dauerhaft in die zentralen Regionen des eigenen Selbstkonzepts integriert – etwa weil sich die mit dem Interessensgegenstand verbundenen Handlungsziele als kompatibel zu den eigenen Einstellungen, Erwartungen oder Werten erweisen. Intrinsische Motivation auf der emotionalen Ebene bedeutet dagegen, dass die auf einem Interesse beruhende Handlung mit positiven Erlebensqualitäten oder Gefühlen verknüpft ist. Der Vollzugsanreiz beim Interessenansatz nach Krapp (1999) reicht daher über die eigentliche Handlung hinaus und lenkt den Blick auf den vom Individuum für sich reklamierten Lerngewinn. Nach einem anderen Ansatz, lässt sich Interesse jedoch auch als Folge einer positiven Erfahrung innerhalb der konkreten, aktuell ausgeführten Handlung ausbilden (vgl. Rheinberg & Engeser 2018, S. 428). Hinweise auf solche, „Neugier“, „Freude“ oder „Spaß“ fördernden Interessensaspekte liefern besonders die Statements innerhalb der Simulationsgruppe. Erhöhtes und gewecktes Interesse wird hier neben thematischen Aspekten auch mit den Besonderheiten der Apps begründet. Argumentativ unterlegt werden solche Voten mit Aspekten wie dem spielerischen Umgang, den Möglichkeiten zum Ausprobieren oder den Rückmeldungen durch die simulativen Apps.
Ein Beleg dafür, dass die simulativen Apps nicht nur zum individuellen Bedeutungsempfinden einzelner Thematiken beitragen, sondern tatsächlich Aufmerksamkeit und Neugier initiieren und das Interesse durch positive Erlebensqualitäten steigern können, ist möglicherweise auch die unterschiedliche Worthäufigkeit des Ausdrucks „Interesse geweckt“. Er taucht innerhalb der codierten Segmente zur Kategorie „Interesse“ nur 16 Mal in der Manualgruppe, aber 50 Mal in der Simulationsgruppe auf.

8.6.2.1.2 Motivation

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Bündelt man die prozentualen Häufigkeiten der beiden oberen Subkategorien für die jeweiligen Mediennutzungsgruppen, überwiegen auch bei der Kategorie „Motivation“ die positiveren Statements innerhalb der Simulationsgruppe (s. Tab. 8.40). Im Gegensatz zu den Zahlen bei der Kategorie „Interesse“ können jedoch der oberen Dimension („gesteigerte Motivation“) prozentual mehr Statements aus der Manualgruppe zugerechnet werden. Trennt man die Codings der Mediengruppen nach Geschlechtern, zeichnet sich kein wesentlich anderes Bild ab (s. Tab. 8.41). Der obere Ausprägungsgrad für die Kategorie „Motivation“ dominiert bei der Auszeichnung der entsprechenden Textpassagen in der Manualgruppe, der mittlere in der Simulationsgruppe und der untere wiederum in der Manualgruppe.

Tab. 8.40: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Motivation“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
gesteigerte Motivation	41 (30.8%)	37 (21.6 %)	78 (25.7%)
geweckte/ vorhandene Motivation	54 (40.6%)	107 (62.6 %)	161 (53.0%)
keine/geringe Motivation	38 (28.6%)	27 (15.8 %)	65 (21.4%)
SUMME	133 (100%)	171 (100%)	304 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.41: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Motivation“ in Bezug auf Gruppen und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
gesteigerte Motivation	16 (41.0%)	19 (20.4%)	25 (26.6%)	18 (23.1%)	78 (25.7%)
geweckte/ vorhandene Motivation	15 (38.5%)	60 (64.5%)	39 (41.5%)	47 (60.3%)	161 (53.0%)
keine/geringe Motivation	8 (20.5%)	14 (15.1%)	30 (31.9%)	13 (16.7 %)	65 (21.4%)
SUMME	39 (100%)	93 (100%)	94 (100%)	78 (27.61%)	303 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Tab. 8.42: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Motivation“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	gesteigerte Motivation	geweckte/ vorhandene Motivation	keine/geringe Motivation	gesteigerte Motivation	geweckte/ vorhandene Motivation	keine/geringe Motivation
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	21	64	14	20	67	13
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	17	50	33	20	53	27
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	11	78	11	42	50	8
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	73	27	0	27	53	20
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	38	44	19	47	47	7
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	33	0	67	21	57	21
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	20	20	60	9	82	9
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	31	62	8	36	57	7
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	36	27	36	12	59	29
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	18	36	45	7	80	13
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	55	27	18	0	82	18
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	8	42	50	13	75	13

Die Überscheidungsanalyse der Codings zur Motivation mit den einzelnen Inhaltsbereichen zeichnet kein einheitliches Bild (s. Tab. 8.42). Prozentual sind Voten auf der Ebene des unteren Ausprägungsgrades bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit Papiermaterial häufiger vorzufinden als in der Gruppe mit den simulativen Aufgabenstellungen. Andererseits sind in der Manualgruppe bei etlichen Lerneinheiten die Quoten für die Ausprägung „gesteigerte Motivation“ höher.

Qualitative Analyse: Studierende, die sich selbst eine hohe Motivation bescheinigen, machen dies in beiden Gruppen häufig am thematischen Interesse, also an der intrinsischen Motivation fest:

„Motivation: bedingt durch das Interesse: hoch.“ (TN 1529140X6, Gruppe MAN, w)

„Die Arbeit mit der Programmierung einer CNC-Maschine entstammt direkt aus dem Alltag eines Industriemechanikers, einem Beruf, der beispielsweise auch in meiner Familie vorkommt. Da ich mehr über diesen Beruf erfahren möchte, wirkt sich natürlich auch die Auseinandersetzung mit einem Bereich des Tätigkeitsfelds eines Industriemechanikers positiv auf meine Motivation aus – selbstredend auch auf mein Interesse.“ (TN 8pilger13, Gruppe SIM, m)

„Resultierend aus den beiden oberen Meinungen ist meine persönliche Motivation solcher Simulationen relativ hoch, da ich mich gerne mit logischen Abläufen beschäftige (so lang ich keinen echten Programmiercode vor mir habe).“ (TN bert86, Gruppe SIM, m)

In der Simulationsgruppe werden Voten zum Teil auch mit Anschaulichkeit, Interaktivität und dem Anregungscharakter der Apps begründet:

„Die Simulation zum Energiebedarf hat einen spielerischen Charakter gehabt, es hat am eigenen Ehrgeiz gepackt immer die Balance zu halten.“ (TN YD, Gruppe SIM, m)

„Das Anwenden der Simulation bereitet große Freude und auch Motivation, da man spielerisch wichtige Inhalte wie beispielsweise das Regeln der einzelnen Energiesysteme lernt.“ (TN mgs13389, Gruppe SIM, w)

Auch das Erleben eigener Wirksamkeit, bzw. die Freude am Hervorbringen eigener Wirkungen wird von Mitgliedern der Simulationsgruppe herausgestellt:

„Das Arbeiten mit den Interaktiven Feldern/ Animationen ist sehr motivierend und man sieht sehr schnell, ob man die Aufgabe richtig beantwortet hat.“ (TN DW1968, Gruppe SIM, w)

„Motivation: durch Laborteil macht die Bearbeitung der Fragen immer Spaß und man lernt sehr viel dazu. Sehr witzig, wenn die Sängerin dann zu singen beginnt.“ (TN ID1959, Gruppe SIM, w)

„Sehr motivierend ist es die elektrischen Geräte ein und ausschalten zu können. Das Einschalten ist sehr realistisch, da ein Bild im Fernseher entsteht, das Licht angeht.“ (TN TS1944, Gruppe SIM, w)

Dass sich die Motivation beim Lernern immer als Ergebnis verschiedener Komponenten einstellt, lassen verschiedene Äußerungen erkennen, die neben einem themen- und medienbezogenen Interesse auf tätigkeitsbezogene Schwierigkeiten oder emotionale Gesamtgefühlslagen abheben:

„Motivation > hoch, allerdings könnte die Schwierigkeit ein wenig abschreckend wirken bzw. demotivierend.“ (TN Samsung, Gruppe SIM, m)

„Motivation: war nicht hoch, da der Unialltag allgemein in dieser Woche eher stressig war und man sich bereits auf das bevorstehende Pfingstwochenende freut.“ (TN Sabrina, Gruppe MAN, w)

Der simulative Charakter der einzelnen Apps variiert. Teilweise handelt es sich um Anwendungen, die nur ein geringes Ausmaß an Interaktion zulassen. Dies kommt verschiedentlich bei den Äußerungen zur Kategorie Motivation zum Ausdruck, wenn etwa die mangelnde Interaktivität oder andere mediale Gestaltungsaspekte moniert werden. Ein Beispiel für ein solches Statement aus der Mediennutzungsperspektive liefert TN LA1986 (Gruppe SIM, w):

„Trotzdem wirkt der Abschnitt etwas trocken. Das Labor ist eher theoretisch, als praxisbezogen. Es wäre interessant, wenn man statt die Stoffe zu beschreiben ein Haus interaktiv „bauen“ müsste, indem man richtige Materialen mit richtigen Eigenschaften rausfinden soll. Falls man falsche Stoffe nimmt, wird das an dem Bild des gebauten Hauses gezeigt (z.B. werden die Gipskartonplatten für die tragende Wand verwendet – fällt das Haus zusammen).“

TN HR (Gruppe MAN, m) und TN BH1970 (Gruppe Sim, w) äußern sich ebenfalls aus der Mediennutzungs- bzw. aus der Schülerperspektive:

> „Man konnte das Lernmaterial erkennen und musste selbst seine Schlüsse daraus ziehen ohne den Einbezug von digitalen Materialien. Das Interesse war geweckt jedoch die Motivation, es auf klassischem Wege zu erarbeiten, war gering."

> „Demotivierend, wenn eine Fehlermeldung beim Programmieren angezeigt wird, obwohl nur ein Wert falsch ist à Durch das Computerprogramm richtige Zwischenwerte mit Haken versehen lassen à Würde Schüler/innen möglicherweise mehr motivieren, wenn sie kleine Erfolgserlebnisse verspüren können."

Resümee: Unter dem Stichwort „Interesse" hatten die Studierenden bereits die Möglichkeit, Stellung zu einem Motivationsaspekt zu beziehen. Bei der quantitativen Auswertung des Begriffs „Motivation", der an zweiter Stelle der vorgegebenen Begriffsliste aufgeführt war, würde man daher eigentlich ein zum Aspekt Interesse vergleichbares Ergebnis erwarten. Allerdings fallen mit Ausnahme der oberen Subkategorie in der Manualgruppe die Urteile der Studierenden im Vergleich zur Kategorie „Interesse" insgesamt etwas weniger positiv aus. Besonders die geringere Anzahl an positiven Urteilen auf Level 1 in der Simulationsgruppe wirft Fragen auf, für deren Beantwortung wieder motivationstheoretische Erklärungsansätze in den Blick genommen werden sollen.

Motivation ist ein für Lernvorgänge zentrales Konstrukt. Es wird mit Auswirkungen auf Zielrichtung, Intensität und Ausdauer des individuellen Verhaltens in Verbindung gebracht. Nach der Zielrichtung kann grundsätzlich in die intrinsische und extrinsische Motivation unterschieden werden. Während bei der intrinsischen Motivation der Antrieb durch positive Erlebniszustände innerhalb einer Handlung vermutet wird, bleibt die extrinsische Motivation definitorisch auf mögliche positive oder negative Konsequenzen der Handlung fokussiert (Schiefele & Schaffner 2015, S. 154ff.). Der Anreizcharakter einer Handlung lässt sich demnach im augenblicklichen Lebensvollzug selbst oder in dem mit der Handlung erreichten Ziel verorten. Hierbei sind unterschiedliche Konstellationen denkbar. So kann beispielsweise der augenblickliche Vollzug der Handlung negative Anreize aufweisen, dafür aber das eigentliche Ziel positiv besetzt sein. Auch eine umgekehrte Konstellation ist denkbar. Wenn sowohl Tätigkeitsvollzug als auch das damit beabsichtigte Ziel einen positiven Anreiz besitzen, liegt eine vorzeichenhomogene Anreizkonstellation vor (Rheinberg & Engeser 2018 S, 424f).

Die augenblicklich durchgeführte Handlung lässt sich motivational weiter analysieren, wobei der Interessenanteil wieder in den Blick gerät. In Abgrenzung zum Ansatz von Andreas Krapp (1999, S. 400), der Interesse sowohl auf Tätigkeit und Lerngegenstand gerichtet sieht, lässt sich Interesse nämlich auch allein auf den mit dem Gegenstand einer Handlung verbundenen Vollzugsanreiz reduzieren. Der tätigkeitsspezifische Vollzugsanreiz wirkt bei dieser Sichtweise für sich (Rheinberg & Engeser 2018 S, 428). Die Ursachen für das Auseinanderfallen der Urteile zu den Punkten „Interesse" und „Motivation" besonderes in der Simulationsgruppe wären demnach beispielsweise in den unterschiedlichen Anreizpotenzialen von „Sache" und „Handlungsausführung" zu suchen. So könnte es sein, dass ein Thema zwar grundsätzlich als interessant und lebensbedeutsam wahrgenommen, die Arbeit mit den Medienelementen dagegen eher als wenig anregend oder zu schwierig empfunden wird. Natürlich ist auch der umgekehrte Fall denkbar.

Welche motivationalen Zusammenhänge die Äußerungen der Studienteilnehmer im Einzelnen beeinflussen, lässt sich bei den meisten, relativ knapp formulierten Urteilen („Motivation gegeben", „Motivation gering") nicht weiter analysieren. Die umfangreicheren Textstellen verweisen zumeist auf inhaltliche oder mediale Motivationseffekte. Der überwiegende Teil der Voten derjenigen Studienteilnehmer, die sich auf Level 1 oder 2 eher positiv zur Motivation äußern, lässt eine interessenbezogene Motivation erkennen. Das gilt für beide Mediennutzungsgruppen, wobei innerhalb der Simulationsgruppe zusätzlich das Motivationspotenzial der interaktiven Anwendungen herausgestellt wird. Positiv bewertete Aspekte sind hier der Freiraum

für Probehandlungen, die besondere Anschaulichkeit sowie die Möglichkeiten zur Rückmeldung aufgrund eigener Aktivitäten. Diese Statements lassen sich so interpretieren, dass das Erleben der eigenen Wirksamkeit bzw. die Freude am Hervorbringen von Wirkungen durch die Medienelemente für den motivationalen Zustand der Studierenden eine nicht unwichtige Rolle spielt (vgl. Rheinberg & Engeser 2018, S. 427). Einige wenige Äußerungen verwiesen ferner darauf, dass für den motivationalen Status einer Person zusätzlich die von der eigentlichen Lernhandlung unabhängigen emotionalen Stimmungslagen bedeutsam sind (Pekrun & Schiefele 1996, S. 155).

8.6.2.1.3 Zugang

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Bei fast gleicher Anzahl an Codings in den beiden Gruppen mit unterschiedlicher Mediennutzung lassen sich in der Simulationsgruppe prozentual doppelt so viele Statements auf dem Level der oberen Subkategorie feststellen als in der Manualgruppe. Dort können zwar mehr Äußerungen dem mittleren Level zugeordnet werden, jedoch auch mehr beim unteren Ausprägungsgrad (s. Tab. 8.43).

Tab. 8.43: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Zugang“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Zugang einfach	25 (15.2%)	55 (33.1%)	80 (24.2%)
Zugang gegeben	102 (61.8%)	87 (52.4%)	189 (57.1%)
Zugang schwer	38 (23.0%)	24 (14.5%)	62 (18.7%)
SUMME	165 (100%)	166 (100%)	331 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Ein genauerer Blick auf die Häufigkeitsverteilungen zeigt, dass die Studierenden beiderlei Geschlechts in der Simulationsgruppe in ihren Urteilen etwas häufiger zum oberen Ausprägungsgrad tendieren als in der Manualgruppe. Dort wiederum finden sich prozentual mehr verhaltene oder negativere Urteile zur Kategorie Zugang (s. Tab. 8.44).

Tab. 8.44: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Zugang“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Zugang einfach	7 (14.6%)	36 (39.6%)	18 (15.7%)	19 (25.3%)	80 (30.3%)
Zugang gegeben	30 (58.3%)	37 (40.7%)	72 (62.6%)	50 (66.7%)	189(44.7%)
Zugang schwer	13 (27.1%)	18 (19.8%)	25 (21.7%)	6 (8.0%)	62 (25.0%)
SUMME	50 (100%)	91 (100%)	115 (100%)	75 (100%)	331(100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Die Analyse der Überschneidungen codierter Segmente für die Dimensionen der Kategorie „Zugang“ mit den Inhaltsbereichen ergibt einige interessante Aspekte (s. Tab. 8.45). So sind im prozentualen Vergleich beider Gruppen die Anteile mit positiven Voten („Zugang einfach“) in

der Simulationsgruppe häufiger anzutreffen. Deutliche Unterschiede zwischen den Mediennutzungsgruppen sind beispielsweise bei den Lerneinheiten 6 (Grundlagen der Informationstechnik und Übertragungsverfahren) und 5 (Energiebereitstellung für Dorf) erkennbar. Die Mitglieder der Manualgruppe urteilen hier im Gegensatz zur Simulationsgruppe insgesamt sehr verhalten.
Ausnahmen von der eher positiveren Bewertungstendenz in der Simulationsgruppe bilden die Lerneinheiten 9 (Produktionstechnik mit CNC-Simulation) und 11 (Technikbewertung – Werte und ihre Gewichtung). Welche Ursachen hinter den eher abschlägigen Urteilen bei dieser Lerneinheit in der Simulationsgruppe stecken, die mit insgesamt 5 Codings allerdings nicht besonders groß ist, offenbart die qualitative Analyse.
Im Verhältnis scheint die Überzeugung eines eher erschwerten Zugangs zu den Inhalten in der Manualgruppe ausgeprägter zu sein.

Tab. 8.45: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Zugang“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	Zugang einfach	Zugang gegeben	Zugang schwer	Zugang einfach	Zugang gegeben	Zugang schwer
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	30	70	0	50	42	8
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	25	50	25	40	40	20
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	10	80	10	29	47	24
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	15	69	15	32	53	16
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	0	70	30	42	42	17
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	6	31	63	18	64	18
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	33	56	11	50	44	6
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	19	75	6	42	58	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	18	73	9	10	50	40
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	6	53	41	29	65	6
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	19	63	19	15	69	15
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	0	64	36	30	60	10

Qualitative Analyse: Die qualitative Analyse des Materials zu dieser Kategorie macht deutlich, dass die Teilnehmenden aus der Manualgruppe ihre positiven Urteile zum Aspekt „Zu-

gang“ vor allem mit dem Aufbau, der Übersichtlichkeit und der guten Struktur der Lernmaterialien oder auch mit einer raschen Verfügbarkeit der notwendigen Informationen begründen (Beispiel: TN SS1961, Gruppe MAN, m: „*Die Lerneinheit war gut strukturiert und deswegen leicht verständlich.*“). Angehörige der Simulationsgruppe betonen neben diesen allgemeinen Aspekten dagegen häufiger, dass die Qualität der simulativen Medienelemente den thematischen Zugang erleichtert. So bemerkt TN SJ1965 (Gruppe SIM, w):

> „Die Animationen und Aktionen die man im „Labor“ bedienen muss/kann ist eine positive Art den Stoff zu erfassen.“

TN KL1990 (Gruppe SIM, w):

> „Durch das Bild über den Aufbau der Küche lässt sich alles erschließen und durch das Anklicken von den entsprechenden Teilen der Küche kann man selbst Ausprobieren welche Einzelteile zum Bau einer Küche nötig sind. Also die richtigen Materialien, die beispielsweise wärmeresistent sind. Durch die Praktische Anwendung und Bildliche Darstellung bleibt der Stoff besser präsent, der Zugang wird erleichtert, der Stoff ist leichter nachzuvollziehen […].“

Negative Statements zur Kategorie Zugang werden ebenfalls aus der Lerner- bzw. Mediennutzungsperspektive vorgetragen.

> „Die Arbeit mit dem Papiermaterial war kompliziert. Die Texte waren so lang, dass ich keinen Überblick mehr hatte. Ohne eine Simulation konnte ich mir den Vorgang nicht vorstellen.“ (TN AR241091, Gruppe MAN, w)

Die bereits angesprochenen, etwas aus dem Rahmen fallenden niedrigeren Werte der Simulationsnutzer zur Lerneinheit 9 mit der CNC-App beziehen sich vorrangig auf die Gestaltung der App. Das machen etliche der in dieser Gruppe auf Level 3 („Zugang schwer“) codierten Segmente deutlich:

> „Meiner Meinung nach waren die Daten bzw. Maße, die es galt aus dem rechten Bild zu erkennen und zu errechnen, etwas unübersichtlich, welche oft dazu führten dass man falsche Werte eingab. Diese Unübersichtlichkeit regte aber zudem wieder die Diskussion und das logische Denken an, was wiederum sehr gut war, denn somit befasste man sich noch intensiver mit der Materie.“ (TN Florian1, m)

> „Das Bearbeiten der Aufgabe schien am Anfang wirklich leichter gesagt als getan. 3 Löcher bohren und einmal fräsen und dafür nur Koordinaten eingeben. In der Praxis erwies sich dies als deutlich schwerer als gedacht. Wie oft doch das Pop-up erschien „nicht möglich“, das war schon leicht zum Verzweifeln.“ (TN 0802Aatime, m).

> „Der Umgang mit der Simulation war zu Beginn sehr ungewohnt und nicht unbedingt leicht verständlich. Die aktuelle Werkzeugposition wurde nicht angezeigt, was es deutlich erschwert hat sein eigenes Vorgehen nachzuvollziehen.“ (TN YD, m)

Zwänge und Benutzerführung der interaktiven Apps werden auch an anderen Stellen kritisiert: TN EB1956 (Gruppe SIM, w) beispielsweise bemerkt zur Lerneinheit 5 (Energiebereitstellung für ein Dorf):

> „Es ging alles viel zu schnell, man musste viel zu viele Regler überwachen und es war einfach grundsätzlich unübersichtlich und hat mir persönlich überhaupt nichts gebracht.“

Resümee: Mit der Kategorie „Zugang“ wird im Gegensatz zu den in Pädagogik und Psychologie anerkannten Faktoren Interesse und Motivation kein wissenschaftliches Konstrukt im eigentlichen Sinne erfasst. Im Kontext von Schule und Unterricht ist dem Begriff zumeist eine bildungssoziologische oder technische Bedeutung unterlegt. Sprachgebrauch und Verwendung innerhalb pädagogisch-didaktischer oder lernpsychologischer Literatur bringen den Begriff „Zugang“ außerdem mit zwei aufeinander bezogenen Aspekten in Verbindung: Zum einen mit den Bedingungen bzw. individuellen Lernvoraussetzungen für kognitive Verarbeitungsprozesse und zum anderen mit der Qualität spezifischer Lernsituationen oder -materialien im Sinne von Verständlichkeit, Überblick oder Anschaulichkeit. Kognitiver Zugang und Qualität der Lernmaterialien bildeten nach Sichtung des Textkorpus auch die Grundlage für die kategoriale Dimensionierung und anschließende Codierung entsprechender Ausführungen der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer.

Grundsätzlich beurteilen die Studierenden in der Simulationsgruppe den Zugang positiver als diejenigen in der Manualgruppe. Wie bei den vorangegangenen Konstrukten verweisen die entsprechend ausgezeichneten Textstellen argumentativ sowohl auf inhaltliche als auch auf mediale Aspekte. Argumente für verhaltene Bewertungen zum Zugang sind wiederum die Informationsfülle, die unzureichende Interaktivität oder die problematische Benutzerführung der Apps.

8.6.2.1.4 Lernhilfe

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Etwas deutlicher noch als bei der Kategorie „Zugang“ sind die Unterschiede zwischen den Gruppen mit unterschiedlicher Mediennutzung bei den Prozentzahlen der Codings zur Kategorie „Lernhilfe“. Während die Zahl der Codings mit grundsätzlicher Zustimmung zum Aspekt Lernhilfe in beiden Gruppen annähernd gleich groß ist (mittlerer Ausprägungsgrad), lassen sich der Gruppe mit den Simulationen prozentual mehr Aussagen zurechnen, die eine „hohe Lernhilfe“ attestieren und der Manualgruppe prozentual mehr, die zum Votum „Lernhilfe gering“ tendieren (s. Tab. 8.46).

Tab. 8.46: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernhilfe“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Lernhilfe hoch	11 (7.1%)	29 (19.7%)	40 (13.3%)
Lernhilfe gut/ gegeben	101 (65.6%)	98 (66.7%)	199 (66.1%)
Lernhilfe gering	42 (27.3 %)	20 (13.6%)	62 (20.6%)
SUMME	154 (100%)	147 (100%)	301 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Die eher positiveren Kommentare in der Gruppe mit den simulativen Elementen verteilen sich hier auf beide Geschlechter, wie sich aus den Zahlen der folgenden Tabelle schließen lässt (s. Tab. 8.47).

Tab. 8.47: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernhilfe“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Lernhilfe hoch	3 (7.3%)	17 (23.3%)	8 (7.1%)	12 (16.2%)	40 (13.3%)
Lernhilfe gut/ gegeben	23 (56.1%)	47 (64.4%)	78 (69.0%)	51 (68.9%)	199 (66.1%)
Lernhilfe gering	15 (36.6%)	9 (12.3%)	27 (23.9%)	11 (14.9%)	62 (20.6%)
SUMME	41 (100%)	73 (100%)	113 (100%)	74 (100%)	301 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Die Überscheidungsanalyse der Codes zu den Subkategorien mit den jeweils segmentierten Lerneinheiten zeichnet ebenfalls ein deutliches Bild. Tendenziell bewerten Studierende, die ihre Aufgaben am Rechner mittels simulativer Elemente erledigen konnten, die Lernhilfefunktion der Materialien quer über alle Lerneinheiten positiver, als diejenigen, denen dafür die Manuale zur Verfügung standen (s. Tab. 8.48). Die prozentualen Anteile der auf die jeweilige

Gruppe bezogenen Häufigkeiten für die Ausprägung „Lernhilfe hoch“ sind in der Simulationsgruppe höher, die Häufigkeiten der Voten für den unteren Ausprägungsgrad „Lernhilfe gering“ dagegen in der Manualgruppe.

Tab. 8.48: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernhilfe“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	Lernhilfe hoch	Lernhilfe gut/ gegeben	Lernhilfe gering	Lernhilfe hoch	Lernhilfe gut/ gegeben	Lernhilfe gering
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	9	73	18	8	83	8
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	13	63	25	13	67	20
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	0	50	50	22	67	11
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	0	81	19	25	69	6
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	20	33	47	14	71	14
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	0	46	54	21	50	29
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	11	74	16	31	46	23
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	8	77	15	40	60	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	7	80	13	18	55	27
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	0	63	38	11	89	0
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	0	79	21	0	100	0
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	15	62	23	21	64	14

Qualitative Analyse: Urteile für die Subkategorien „Hohe Lernhilfe“ bzw. „Lernhilfe gut/gegeben“ werden in der Manualgruppe an der Qualität von Bildern, Beispielen, Lösungshilfen oder generell an der Qualität der Skripte festgemacht. In geringem Umfang wird in der Manualgruppe zusätzlich auf personelle Lernhilfen durch Kommilitonen/innen oder durch den Dozenten verwiesen:

> „Die Darstellungen haben bei der Bearbeitung der Fragen sehr geholfen, da sie sehr anschaulich waren...“ (TN SP1961, Gruppe MAN, w)

> „Lernhilfe: das Skript ist auf jeden Fall eine Lernhilfe gewesen!“ (TN navy123, Gruppe MAN, m)

> „Lernhilfe: Die Lehrperson beantwortet alle auftauchenden Fragen und überprüft auch, dass alle Veranstaltungsteilnehmer gut klarkommen. Somit ist die Lernhilfe sehr gut.“ (TN AR241091, Gruppe MAN, w)

In den Argumentationen der Simulationsgruppe wird ebenfalls die Qualität der zur Verfügung

gestellten rechnergestützten Materialien erörtert. Die speziellen Möglichkeiten der Medienelemente werden dabei explizit herausgestellt. Angeführt werden z.B. die situative Bereitstellung von Informationen und Anleitungen oder die Anschaulichkeit durch den animativen bzw. simulativen Charakter der Medienelemente:

„Beim Arbeiten am PC ist es sehr gut, dass man sofort erkennt bzw. benachrichtigt wird, wenn etwas bei der Eingabe nicht richtig ist.“ (TN DW1968, Gruppe SIM, w)

„Die Animationen der 8. Lerneinheit waren sehr anschaulich und hilfreich sich die verschiedenen Prinzipien besser vorstellen zu können. Zudem stellten die Animationen eine enorme Lernhilfe dar.“ (TN PPS15499, Gruppe SIM, m)

„Durch die direkte Rückmeldung des Programms, ob die eingegebenen Schritte auch richtig sind, stellt es auch eine Lernhilfe dar und unterstützt mich in meinem Erkenntnisprozess. (TN 8pilger13, Gruppe SIM, m)

Die Voten, in denen mangelnde Lernhilfe zum Ausdruck kommt und ausführlicher dargelegt wird, beziehen sich sehr häufig auf fehlende Informationen, die für die Lösung der komplexen Aufgaben als notwendig erachtet werden. In der Manualgruppe sehen sich zudem einige im Nachteil gegenüber den Studierenden in der Simulationsgruppe. Konstatiert wird, dass Animationen oder Simulationen dem Verständnis auf die Sprünge geholfen hätten.

„Lernhilfe: Leider ohne Computer nicht gut lösbar (Vorstellung fehlt).“ (TN PW1960, Gruppe MAN, w).

Resümee: Wie in den Abschnitten 4.4 und 6.4 bereits näher ausgeführt, lassen sich Lernhilfen aus pädagogischer oder psychologischer Richtung charakterisieren. Während Lernhilfen aus pädagogischer Sicht eher auf das soziale Bezugssystem zwischen Lehrperson und Lerner ausgerichtet sind, beziehen sich Lernhilfen aus lernpsychologischer Sicht direkter auf die kognitiven Verarbeitungsprozesse des Lerners in der Auseinandersetzung mit den jeweils angebotenen Informationen. Globales Ziel sowohl der pädagogisch ausgerichteten als auch der eher psychologisch konturierten Lernhilfen ist eine adaptive Annäherung der Lernbedingungen an die Lernvoraussetzungen der Lernenden im Sinne einer Individualisierung und Differenzierung.
In den Statements der Studierenden liegt der argumentative Schwerpunkt in Bezug auf die Lernhilfefunktion vorrangig auf der Qualität der zur Verfügung stehenden Informationen und der medialen Repräsentationsformen. In geringem Umfang wird – fast ausschließlich von Studierenden der Manualgruppe – auch auf personelle Hilfen durch den Dozenten oder Mitstudierende verwiesen.
Wieder fallen die Urteile zu dieser Kategorie innerhalb der Simulationsgruppe günstiger aus. Auffällig ist, dass die Nutzer der Manuale in ihren Ausführungen eher allgemein bleiben. Das nach „Lernhilfe“ innerhalb der zu diesem Konstrukt codierten Textsegmente am häufigsten genutzte Substantiv in der Manualgruppe ist „Materialien“ auf Rang 15. Die Statements innerhalb der Simulationsgruppe beziehen sich dagegen häufiger direkt auf die Applikation und deren Möglichkeiten für die Informationsgewinnung.

8.6.2.1.5 Anschaulichkeit

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Die prozentualen Verteilungen bei der Kategorie „Anschaulichkeit“ lassen ein Übergewicht an Codings mit positiveren Einschätzungen in der Simulationsgruppe erkennen (s. Tab. 8.49). Das bedeutet, dass dem Textmaterial dieser Gruppe prozentual mehr Codings der Ausprägung „Anschaulichkeit hoch“ und weniger der Ausprägung „Anschaulichkeit gering“ zugerechnet werden können, als in der Vergleichsgruppe. Dies gilt für beiderlei Geschlechter (s. Tab. 8.50). Die Codinghäufigkeiten auf mittlerem Niveau liegen dagegen nahe beieinander.
Blickt man auf die Verteilung der Marker in den einzelnen Lerneinheiten, fällt hier lediglich

die Lerneinheit 11 (Technikbewertung Werte und ihre Gewichtung) aus dem Rahmen. Die Kategorienhäufigkeiten hierzu sind prozentual in beiden Gruppen ähnlich (s. Tab. 8.51).

Tab. 8.49: Häufigkeiten und Spaltenprozente und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Anschaulichkeit“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Anschaulichkeit hoch	37 (18.1%)	86 (36.9%)	123 (28.0%)
Anschaulichkeit gegeben	127 (62.3%)	140 (59.6%)	267 (60.8%)
Anschaulichkeit gering	40 (19.6%)	9 (3.8%)	49 (11.2%)
SUMME	204 (100%)	235 (100%)	439 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.50: Häufigkeiten und Spaltenprozente und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Anschaulichkeit“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Anschaulichkeit hoch	9 (13.6%)	35 (28.9%)	28 (20.3%)	51 (44.7%)	123 (28.0%)
Anschaulichkeit gegeben	45 (68.2%)	83 (68.6%)	82 (59.4%)	57 (50.0%)	267 (60.8%)
Anschaulichkeit gering	12 (18.2%)	3 (2.5%)	28 (20.3%)	6 (5.3%)	49 (11.2%)
SUMME	66 (100%)	121 (100%)	138 (100%)	114 (100%)	439 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Tab. 8.51: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Anschaulichkeit“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	Anschaulichkeit hoch	Anschaulichkeit gegeben	Anschaulichkeit gering	Anschaulichkeit hoch	Anschaulichkeit gegeben	Anschaulichkeit gering
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	19	63	19	22	74	4
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	21	64	14	32	63	5
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	18	53	29	33	67	0
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	17	70	13	39	57	4
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	5	64	32	60	32	8
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	20	40	40	36	50	14
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	30	60	10	43	57	0
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	21	79	0	45	55	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	16	74	11	37	63	0
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	13	63	25	33	67	0
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	8	83	8	8	83	8
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	13	50	38	36	64	0

Qualitative Analyse: Mit 434 Codings handelt es sich bei den Subkategorien von „Anschaulichkeit“ um die Kategorien, die neben den Urteilen zum Interesse am häufigsten erfasst werden konnten. Anschaulichkeit in der Manualgruppe wird überwiegend mit der Qualität der Abbildungen sowie mit der Übersichtlichkeit und guten Strukturierung der Unterlagen begründet:

> „Die diversen Darstellungen bzw. Beispiele ermöglichen die Vorstellung der praktischen Anwendung und dienen auch sehr zum Verständnis.“ (TN SLS8640, Gruppe MAN, m).

> „Das Material ist sehr anschaulich gestaltet, sodass wir gut damit umgehen konnten.“ (TN Lucia17062, Gruppe MAN, w)

Die positiven Urteile in der Simulationsgruppe sind häufig unbegründet. Verschiedentlich wird jedoch auf die besonderen Möglichkeiten der Apps verwiesen, prozessuale Entwicklungen zu zeigen. Hier einige beispielhafte Aussagen:

> „Die Anschaulichkeit war super, diente als gute Lernhilfe und es war schön, mit so einer Applikation zu arbeiten.“ (TN Florian1, Gruppe Sim, m)

> „Anschaulichkeit → tolle Animation, die einem aufzeigt ob alles korrekt funktioniert“ (TN Samsung, Gruppe SIM)

„Durch die Applikation wurde super veranschaulicht inwiefern unser alltäglicher Energieverbrauch zustande kommt und die Kraftwerke diese Energie dafür erzeugen.“ (TN Florian1, Gruppe SIM, m)

Deutlich häufiger kommen kritische oder negative Einschätzungen zur Anschaulichkeit in der Manualgruppe vor:

„Die Arbeit mit dem Papiermaterial war kompliziert. Die Texte waren so lang, dass ich keinen Überblick mehr hatte. Ohne eine Simulation konnte ich mir den Vorgang nicht vorstellen. Mein Interesse war gering und auch die Motivation war nicht hoch. Es gab zwar Lernhilfen, Hinweise und Lösungen aber es waren einfach zu viele Informationen auf einmal. Deshalb war das Material für mich nicht sehr anschaulich.“ (TN AR241091, Gruppe MAN, w)

„Im Vergleich zur ersten Lerneinheit war diese sehr Theorie geleitet und der Anreiz durch bildliche Darstellungen fehlt komplett. Dadurch war die Bearbeitung der Aufgaben sehr einseitig und mit viel Textbearbeitung verbunden. Die eigenen Ideen konnten nur an vereinzelten Stellen angewendet werden.“ (TN GS1956, Gruppe MAN, w)

Resümee: Beim Begriff „Anschaulichkeit“ handelt es sich wie beim Punkt „Zugang“ ebenfalls um kein wissenschaftlich anerkanntes Konstrukt. Gleichwohl ist der Begriff in der pädagogisch-didaktischen und auch lernpsychologischen Literatur seit langem präsent und firmiert dort als lernförderliches Kriterium (vgl. Loser 1986, S. 377ff.). Ziel der Anschaulichkeit ist Anschauung. Sie bezeichnet den Rezeptions- oder Wahrnehmungsanteil am Erkenntnisprozess eines Lerners infolge der Präsentation oder Darbietung eines Lerngegenstandes. Anschaulichkeit bezieht sich dann als Eigenschaft auf die Qualität einer Lernsituation und ihre Auswirkungen auf Erkenntnisprozesse. Anschaulichkeit soll beim lernenden Individuum zu „Anschauung“ führen.
Wenngleich die meisten Voten der Studierenden zu diesem Konstrukt recht kurz gehalten sind, wird doch deutlich, dass der überwiegende Teil der Studierenden mit Anschaulichkeit in erster Linie die Qualität der bildhaften bzw. ikonischen Elemente der Lernmaterialien im Blick hatte. Häufig werden bei diesem Punkt zudem Übersichtlichkeit oder Struktur der Materialien erwähnt. Die quantitative Analyse der Codings spricht wiederum für den Einsatz der simulativen Elemente. Das „Anschauungspotenzial“ der simulativen oder animativen Apps in dieser Gruppe wird insgesamt recht günstig eingeschätzt.

8.6.2.1.6 Schwierigkeit

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Keine großen Abweichungen zwischen den Mediennutzungsgruppen lassen sich bei den Verteilungen zu den Codings der Kategorie „Schwierigkeit“ feststellen (s. Tab. 8.52). Prozentual liegen die Häufigkeiten der gruppenspezifischen Codings hier relativ nahe beieinander. Etwas heterogener fallen die Urteile bei den Männern aus (s. Tab. 8.53).

Tab. 8.52: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Schwierigkeit“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Keine/geringe Schwierigkeit	45 (24.1%)	60 (29.6%)	105 (26.9%)
Schwierigkeit mittel/ mäßig	71 (38.0%)	63(31.0%)	134 (34.4%)
Schwierigkeit erhöht/hoch	71 (37.0%)	80 (39.4%)	151 (38.7%)
SUMME	187 (100%)	203 (100%)	390 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.53: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Schwierigkeit“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Keine/geringe Schwierigkeit	15 (34.1%)	43 (44.8%)	30 (21.0%)	17 (15.9%)	105 (26.9%)
Schwierigkeit mittel/ mäßig	20 (45.5%)	19 (19.8%)	51 (35.7%)	44 (41.1%)	134 (34.4%)
Schwierigkeit erhöht/hoch	9 (20.5%)	34 (35.4%)	62 (43.4%)	46 (43.0%)	151 (38.7%)
SUMME	44 (100%)	96 (100%)	143 (100%)	107 (100%)	390 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Tab. 8.54: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Schwierigkeit“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	Keine/geringe Schwierigkeit	Schwierigkeit mittel/ mäßig	Schwierigkeit erhöht/hoch	Keine/geringe Schwierigkeit	Schwierigkeit mittel/ mäßig	Schwierigkeit erhöht/hoch
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	50	40	10	80	20	0
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	14	43	43	10	50	40
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	14	24	62	32	42	26
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	42	58	0	43	29	29
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	14	43	43	21	37	42
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	24	29	47	20	20	60
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinricht	50	44	6	44	31	25
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	31	46	23	57	21	21
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	5	40	55	5	33	62
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	23	31	46	21	57	21
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	29	41	29	18	14	68
12 Technikdidaktische Grundlagen -Simulationen	15	31	54	6	31	63

Ein eher uneinheitliches Bild ergibt die Assoziationsanalyse der Codings zur Einschätzung der Schwierigkeit mit Bezug zu den einzelnen Lerneinheiten (s. Tab. 8.54). Zwar zeigt sich die Verteilung der Urteile zwischen den Mediennutzungsgruppen insgesamt als relativ ausgeglichen. Bei einzelnen Lerneinheiten konnten jedoch auch in der Simulationsgruppe etliche Textabschnitte auf Level drei (Schwierigkeit erhöht/hoch) codiert werden. Interessanterweise handelt es sich bei diesen Lerneinheiten nicht vorwiegend um Prozesssimulationen, die sich eher mit einem animativen Charakter präsentieren, sondern um simulative Elemente mit Planspielcharakter (LE 5: Energiebereitstellung für ein Dorf) oder Programmiercharakter (LE 9: CNC-Simulation und LE 12: Programmierung einer Getränkekasten-Sortieranlage). Hier müssen jeweils unterschiedliche Informationen erschlossen und verarbeitet bzw. in symbolische Codes überführt werden. Ebenfalls inhaltlich als schwer erachtet wurde in beiden Gruppen anscheinend die Aufgabe zur Technikbewertung (LE 11).

Qualitative Analyse: Über die Hälfte der Studierenden in beiden Mediennutzungsgruppen taxiert den Schwierigkeitsgrad der Aufgabenbearbeitung von leicht bis mittel oder angemessen. Die meisten Äußerungen sind sowohl beim oberen als auch mittleren Ausprägungsgrad eher kurzgehalten (z.B. „keine Schwierigkeit“ oder „Schwierigkeit mittelmäßig“). Worauf die Äußerungen zur Schwierigkeit gründen, lässt daher in den meisten Fällen kaum identifizieren:

> „Schwierigkeit: Der Schwierigkeitsgrad war angemessen und überfordert nicht.“ (TN navy123, Gruppe MAN, m)

> „Die Aufgaben waren so gestellt, dass man sie ohne großes Nachdenken mir Hilfe der zur Verfügung stehenden Grafiken lösen konnte.“ (TN AM1967, Gruppe MAN, w)

Dort wo Ursachen für Schwierigkeiten genannt werden, betreffen sie wieder sowohl inhaltliche als auch mediale Aspekte. Während in den Codings für die Manualgruppe Schwierigkeiten mit fehlenden Informationen oder fehlender Anschaulichkeit des Papiermaterials begründet werden, finden sich in den codierten Textsegmenten auf Level drei innerhalb der Simulationsgruppe zusätzlich Hinweise auf Probleme mit den Apps.

> „Schwierigkeiten bereitete mir dieses Mal die Vorgehensweise in einzelnen Schritten, die allesamt korrekt sein müssen, damit ich weiter arbeiten kann (hierbei fiel mir die Programmierung der Fräse besonders schwer, da ich deren Mittelpunkt mit in meine Berechnungen einbeziehen musste – dies hatte ich nicht berücksichtigt).“ (TN 8pilger13, Gruppe SIM, m)

Mehrmals wird beispielsweise der Entscheidungsdruck aus der Simulation für die Energiebereitstellung angesprochen:

> „Simulation ist etwas schwierig zu verstehen. Energiebereitstellung muss exakt dem Energiebedarf entsprechen. → man muss alle zwei Sekunden etwas umstellen.“ (TN JR, Gruppe SIM, w)

> „Lernmaterial sehr anschaulich, jedoch für die Aufgabenbearbeitung fast zu komplex, da man sich schwer tut, die Simulation zu beobachten und gleichzeitig die Veränderungen effektiv mit zu protokollieren.“ (TN US1693, Gruppe SIM, w)

> „Ich fand es vollkommen schwierig mit dem Labor zu arbeiten. Es ging alles viel zu schnell, man musste viel zu viele Regler überwachen und es war einfach grundsätzlich unübersichtlich und hat mir persönlich überhaupt nichts gebracht.“ (TN EB1956, Gruppe SIM, w)

Generell sind die Voten, die sich der Subkategorie „Schwierigkeit erhöht/hoch“ zuordnen ließen, umfangreicher. Teilnehmer der Manualgruppe weisen hier beispielsweise auf Defizite beim Lösen der Aufgaben im Vergleich zur Simulationsgruppe hin.

> „Ich empfand die Aufgabe als sehr schwer da es doch sehr verwirrend war, die korrekten Angaben zu machen. Besonders für die Leute ohne Computer ist die Aufgabe unmöglich lösbar da wir nicht die Möglichkeit haben unsere Angaben zu überprüfen im Gegensatz zu der anderen Gruppe. Diese hat einen klaren Vorteil bei den Aufgaben bei denen es gilt etwas zu programmieren.“ (TN SP1961, Gruppe MAN, w)

Besonders auch mit der Aufgabe zur Technikbewertung schienen einige der Teilnehmenden Schwierigkeiten zu haben. Hier war ein entweder selbst gewähltes oder vorgegebenes technisches System (Flugtaxi oder Pflegeroboter) auf der Grundlage des Werteoktogons des VDI zu beurteilen.

„Letzte Frage finde ich schwer zu beantworten. Da die Erfindung eines Roboters für Senioren sehr sehr Unterschiedlich ausfallen könnte, fällt es mir sehr schwer hierüber Angaben über zB. Die Umweltverträglichkeit zu machen. Alle Angaben sind schließlich komplett davon abhängig von welchem Roboter man hier ausgeht, was er kann und was er nicht kann, wie er betrieben wird, usw.
Nur wenn man sich darüber im klaren ist kann man ihn nach den Kriterien bewerten. Ich kann kein Produkt nach seiner Sicherheit bewerten wenn ich nicht mal weiß wie genau das Produkt funktionieren würde.
Es kann sich um ein todsicheres Produkt handeln, oder um ein Gesundheitsrisiko, je nach dem von was man ausgeht und was der Roboter alles können soll…“ (TN LS212, Gruppe MAN, m)

„Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der letzten Aufgabe, da es mir schwer fiel die Einzelnen Merkmale zu gewichten und dann richtig einzuteilen. Außerdem fehlte mir bei den Merkmalen das ethische Moment.“ (TN US1693, Gruppe SIM, w)

Resümee: Die erlebte Schwierigkeit bei einer Lernhandlung bzw. die Variation der Aufgabenschwierigkeit wird in diversen Motivationsmodellen zu den moderierenden Variablen gezählt und mit Auswirkungen auf Ausdauer, Erfolgserwartungen und Anspruchsniveausetzung in Verbindung gebracht (vgl. Atkinson, 1957; Meyer 1973; Brunstein & Heckhausen 2018). Mit der Aufnahme des Begriffs „Schwierigkeit“ in die zur Verfügung gestellte Begriffsliste war beabsichtigt, Äußerungen zu motivationsrelevanten Kausalattributationen im Kontext der Arbeit mit den jeweiligen medialen Materialien zu erhalten. Über die Hälfte der Codings der Studierenden beider Mediennutzungsgruppen lässt sich den Subkategorien 1 und 2 zuordnen. Die Häufigkeit der Codings genauso wie die qualitative Analyse der Textstellen machen deutlich, dass der Schwierigkeitsgrad der zu lösenden Aufgaben überwiegend als leicht bis angemessen eingeschätzt wird. Generelle Unterschiede zwischen den Mediennutzungsgruppen existieren nicht. Abweichungen von diesem insgesamt positiven Blick auf die Arbeit mit den Medien ergeben sich vor allem dort, wo Informationen aus komplexeren Zusammenhängen erschlossen und in abstrakte Kontexte übergeführt werden mussten. Hier scheinen auch die angebotenen Hilfestellungen die Urteile nicht verbessern zu können. Das gilt sowohl für die Manual- als auch die Simulationsgruppe. Wenn beispielsweise zum Entscheidungsdruck auch noch Zeitdruck kommt, wie bei der Simulation der LE 5, wird das zum Teil als problematisch empfunden.

8.6.2.1.7 Freude

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Die Anzahl der Codings, in denen Spaß oder Freude über die Arbeit mit den Materialien zum Ausdruck kommt, ist mit insgesamt 186 niedriger als bei den bisher betrachteten Kategorien. Die prozentualen Verteilungen für die obere und mittlere Ausprägung dieser Kategorie legen jedoch auch hier den Schluss nahe, dass die Arbeit mit den simulativen Apps insgesamt als motivierend empfunden wird (s. Tab. 8.55). Diese Einschätzung lässt sich sowohl auf die männlichen als auch auf die weiblichen Studierenden beziehen (Tab. 8.56).

Tab. 8.55: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Freude“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Freude hoch	21 (28.0%)	41 (36.9%)	62 (33.3%)
Freude gegeben	25 (33.3%)	51(45.9%)	76 (40.9%)
Freude gering	29 (38.7%)	19 (17.1%)	48 (25.8%)
SUMME	75 (100%)	111 (100%)	186 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.56: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie

„Freude“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Freude hoch	6 (23.1%)	25 (39.7%)	15 (30.6%)	16 (33.3%)	62 (33.3%)
Freude gegeben	8 (30.8%)	25 (39.7%)	17 (34.7%)	26 (54.2%)	76 (40.9%)
Freude gering	12 (46.2%)	13 (20.6%)	17 (34.7%)	6 (12.5%)	48 (25.8%)
SUMME	26 (100%)	63 (100%)	49 (100%)	48 (100%)	186 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Aufgrund der insgesamt geringen Zahl an Codings ist eine Analyse nach Überschneidungsbereichen zwischen der Kategorie Freude und den segmentierten Lerneinheiten nicht besonders aussagekräftig, soll aber in Entsprechung zu den anderen Kategorien auch hier vorgenommen werden. Die prozentualen Verteilungen der Codings weisen quer über alle Ausprägungsgrade für die Simulationsgruppe eine leicht positivere Tendenz auf (s. Tab. 8.57). Etwas aus dem Rahmen fallen die Lerneinheiten 2 (Geschichte der Technik am Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft), 4 (Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus) und 11 (Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung).

Tab. 8.57: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Freude“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	Freude hoch	Freude gegeben	Freude gering	Freude hoch	Freude gegeben	Freude gering
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	17	50	33	44	33	22
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	33	67	0	0	70	30
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	20	40	40	50	38	13
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	38	25	38	0	57	43
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	57	14	29	56	22	22
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	13	38	50	22	44	33
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinricht	33	33	33	20	60	20
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	20	40	40	50	50	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	33	33	33	33	58	8
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	29	14	57	47	53	0
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	33	50	17	20	40	40
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	0	20	80	60	30	10

Qualitative Analyse: Positive wie eher negative Voten zu dieser Kategorie sind häufig recht prägnant formuliert („*Freude: Top*“ oder „*Freude: nur bedingt vorhanden*“). Dort wo Urteile näher begründet werden, finden sich unterschiedliche Beweggründe. Aufgeführt werden u.a. der Alltagsbezug, die Aufgabe an sich, das spezielle Interesse an den Inhalten oder die Art der medialen Repräsentationsform. Beispiele:

> „Die Laborarbeit war unterhaltsam, da sehr spielerisch an einen Programmiervorgang herangegangen wird. Die Aufmachung und die Möglichkeiten sind vielseitig und man kann ohne tieferes Verständnis mit den einzelnen Bausteinen experimentieren.“ (TN bert86, Gruppe SIM, m)

> „Die Arbeit im Labor war etwas langweilig, da man keine Rückmeldung bekommen hat. Die Simulation blieb aus. Das Auto hat sich somit nur in Gedanken fortbewegt. Hierbei wäre die Arbeit in der App-Gruppe interessant bzw. spaßiger gewesen.“ (TN MS1966, Gruppe MAN, m)

> „Übersichtliche Materialien mit vielen fachlichen Informationen. Jedoch keine Entstehung von Freude. Erinnert an das Lesen eines Wikipedia-Artikel.“ (TN HR, Gruppe MAN, m)

Motivationspsychologisch ist die Freude über einen Erfolg umso höher, je schwieriger die Aufgabe war. Ein Beleg für diesen Zusammenhang liefert die Teilnehmerin SB1956 (Gruppe SIM) über ihre Arbeit mit der CNC-Programmier-App aus der Lerneinheit 9:

„Coole Aufgabe, die echt Spaß gemacht hat. Schön war vor allem, dass es etwas knifflig am Anfang war."

In eine ähnliche Richtung lässt sich die Bemerkung der Teilnehmerin LA1986 (Gruppe SIM, w) interpretieren. Sie äußert sich zur Arbeit mit der App, bei der es um die Programmierung einer Anlage zur Getränkekasten-Sortierung geht:

„Die Arbeit im Labor hat mir gezeigt, dass so ein Programmierungstyp, das heutzutage bei jeder Produktion stattfindet, gar nicht so simple ist. Dabei kann man bei der richtigen Lösung solcher Aufgabe echte Freude, also Erfolgserlebnis bekommen."

Darauf, dass sich generell Freude, Spaß oder sogar Stolz aufgrund der Rückmeldungen durch die interaktiven Apps einstellen können, verweisen die folgenden Textstellen:

„Freude > durch die Simulation bringt es Spaß, etwas selber zum Laufen zu bringen, allerdings wie gesagt hohe Schwierigkeit." (TN Samsung, Gruppe SIM, m)

„Durch die Möglichkeit das Programm dann abspielen zu lassen, hat es Spaß gemacht zu sehen ob man dieses Programm richtig genutzt hat." (TN SJ1965, Gruppe SIM, w)

Während beim Großteil der Bewertungen das eigene Erleben der Arbeit mit den Medien in den Mittelpunkt gestellt wird, wird vereinzelt auch aus Schülersicht argumentiert:

„Die einzelnen Programmierungsschritte sind herausfordernd. Gelingt das Programmieren kommt es zu Lernfreude durch den Lernerfolg bei den Schülern, was zusätzlich motiviert." (TN KL1990, Gruppe SIM, w)

„[...] da Schüler somit Freude am Ausprobieren finden und sie prägen sich die bildliche Darstellung besser ein." (TN SH 1964, Gruppe SIM, w)

Resümee: Motivationspsychologisch zählt Freude mit zu den so genannten Grundemotionen. Emotionen lassen sich als eine vorrationale Form von Werten und Erwartungen beschreiben, die in das motivationale Gesamtgeschehen eingreifen (Scheffer & Heckhausen 2018, S. 67). Freude gilt daher als lernrelevante Emotion mit Auswirkung auf die Lern- und Leistungsmotivation (vgl. Pekrun & Schiefele 1996, S. 164).
Trotz der im Vergleich zu anderen Konstrukten niedrigeren Anzahl an auswertbaren Textstellen, deutet sich auch bei diesem Konstrukt im direkten Vergleich der Mediennutzungsgruppen wieder ein leichter motivationaler Vorteil für die Studierenden an, die ihre Aufgaben mit Hilfe der interaktiven Apps erledigten. Während Freude in beiden Mediennutzungsgruppen mit der Aufgabenart, der Medienqualität oder dem Interesse in Verbindung gebracht wird, lassen sich in der Simulationsgruppe verschiedene Hinweise dafür finden, dass das unmittelbare Erleben der eigenen Wirksamkeit eine zusätzliche Motivationsquelle darstellt. Bemerkungen aus beiden Mediennutzungsgruppen untermauern zudem die Erkenntnis, dass die Erfolgsfreude dann umso größer ausfällt, je schwierigen sich anfänglich eine Aufgabenstellung erweist. Die Erfolgsvalenz scheint außerdem dann anzusteigen, wenn die als schwieriger eingestufte Aufgabenstellung spielerisch oder interaktiv gelöst werden kann.

8.6.2.1.8 Lernklima

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Die Anzahl codierter Aussagen zur Kategorie „Lernklima" ist im Vergleich zu anderen Kategorien sehr gering. Die Unterschiede zwischen den Mediennutzungsgruppen sind hier nicht allzu groß (s. Tab. 8.58). Der genaue Blick auf die prozentuale Verteilung zeigt, dass anscheinend beide Geschlechter gleichermaßen mit dem Lernklima zufrieden waren (s. Tab. 8.59).

Tab. 8.58: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernklima“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Lernklima sehr gut	19 (22.9%)	14 (15.7%)	33 (19.2%)
Lernklima gut/ angemessen	59 (71.1%)	73 (82.0%)	132 (76.7%)
Lernklima wenig angenehm	5 (6.0%)	2 (2.2%)	7 (4.1%)
SUMME	83 (100%)	89 (100%)	172 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.59: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernklima“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Lernklima sehr gut	5 (21.7%)	7 (14.6%)	14 (23.3%)	7 (16.7%)	33 (19.2%)
Lernklima gut/ angemessen	16 (69.6%)	39 (83.3%)	43 (71.7%)	34 (81.0%)	133 (76.7%)
Lernklima wenig angenehm	2 (8.7%)	1 (2.1%)	3 (5.0%)	1 (2.4%)	7 (4.1%)
SUMME	23 (100%)	47 (100%)	60 (100%)	42 (100%)	172 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Eine nach thematischen Lerneinheiten aufgefächerte Darstellung der Codinghäufigkeiten ist aufgrund der relativ geringen Anzahl an codierten Textstellen nicht sinnvoll.

Qualitative Analyse: Die Statements der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind auch hier wieder überwiegend kurzgehalten („*Lernklima: sehr gut“: „Lernklima: sehr angenehm, konzentriert.“*). Einige der wenigen ausführlicheren Statements zu diesem Aspekt beziehen sich auf die kooperativen Beziehungen im Kurs:

> „Lernklima: Das Lernklima ist sehr gut, da wir eine kleine Gruppe sind und jeder Fragen stellen kann, ohne dass es störend wird.“ (TN AR241091, Gruppe MAN, w)
>
> „Das Klima im Seminar fand ich recht angenehm, da man in Ruhe arbeiten konnte, sich aber auch immer mit seinen Nachbarn bei Fragen austauschen konnte.“ (TN RBS1662, Gruppe SIM, w)
>
> „Lernklima: ruhig und angenehm, Gruppenarbeit verstärkt Produktivität.“ (TN FH1959, Gruppe SIM, w)

Aufgrund der geringen Anzahl der Codings wird hier auf eine nach Lerneinheiten gesonderte Analyse verzichtet.

Resümee: Sowohl dem sozialen Verhältnis innerhalb einer Lerngruppe, als auch dem Verhältnis zwischen Lehrpersonal und Lernenden werden eine motivationale Wirkung zugebilligt (vgl. Ulich & Jerusalem 1996). Mit dem Begriff „Lernklima“ sollten den Teilnehmenden an der Studie Hinweise auf sozial-motivationale Effekte der Lernsituationen entlockt werden und zwar hauptsächlich in der Absicht, mögliche Unterschiede in den Lernbedingungen der verschiedenen Mediennutzungsgruppen zu identifizieren. Tatsächlich finden sich in den Statements zahlreiche Hinweise auf gruppendynamische oder soziale Variablen – überwiegend mit positivem

Unterton. Deutliche Konturunterschiede zwischen den Mediengruppen lassen sowohl die Frequenzanalysen der Codings als auch der synoptische Vergleich der Falldateien nicht erkennen.

8.6.2.1.9 Lernerfolg

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Die prozentualen Häufigkeiten der Marker zu dieser Kategorie lassen den Schluss zu, dass die Bereitschaft von Personen, ihren Lernerfolg positiv zu beurteilen, in der Simulationsgruppe etwas ausgeprägter ist (s. Tab. 8.60). Kein eindeutiges Bild liefert jedoch der Blick auf die Geschlechterverteilung. Bei den Frauen in der Manualgruppe deuten die Häufigkeiten der Codings prozentual eine etwas größere Neigung an, den eigenen Lernerfolg verhaltener einzuschätzen (s. Tab. 8.61).

Tab. 8.60: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernerfolg“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
großer/hoher/verbesserter Lernerfolg	19 (16.4%)	35 (21.5%)	54 (19.4%)
grundsätzlich vorhanden	66 (56.9%)	107 (65.6%)	173 (62.0%)
geringer Lernerfolg	31 (26.7%)	21 (12.9%)	52 (18.6%)
SUMME	116 (100%)	163 (100%)	279 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.61: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernerfolg“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
großer/hoher/verbesserter Lernerfolg	3 (8.6%)	19 (23.8%)	16 (19.8%)	16 (19.3%)	54 (19.4%)
grundsätzlich vorhanden	26 (74.3%)	49 (61.3%)	40 (49.4%)	58 (69.9%)	173 (62.0%)
geringer Lernerfolg	6 (17.1%)	12 (15.0%)	25 (30.9%)	9 (10.8%)	52 (18.6%)
SUMME	35 (100%)	80 (100%)	81 (100%)	83 (100%)	279 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Bezogen auf die Lerneinheiten weisen die Häufigkeiten der Codings für die mittleren und oberen Ausprägungsgrade innerhalb der Simulationsgruppe ein Übergewicht auf. Etwas aus dem Rahmen fällt hier nur die Lerneinheit 4 (Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus) (s. Tab. 8.62).

Tab. 8.62: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernerfolg“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe Manuale (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)			Gruppe Simulationen (Häufigkeiten der Codings in Zeilenprozent)		
	großer/hoher/verbesserter Lernerfolg	grundsätzlich vorhanden	geringer Lernerfolg	großer/hoher/verbesserter Lernerfolg	grundsätzlich vorhanden	geringer Lernerfolg
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	0	80	20	13	69	19
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	14	57	29	15	62	23
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	14	86	0	29	71	0
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	36	55	9	14	71	14
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	0	60	40	31	69	0
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	9	45	45	11	63	26
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	13	53	33	38	50	13
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	44	44	11	22	78	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	15	62	23	18	73	9
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	22	56	22	17	75	8
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	13	75	13	17	67	17
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	0	17	83	29	53	18

Qualitative Analyse: Der subjektiv wahrgenommene Lernerfolg wird von den Studierenden auf zweierlei Arten charakterisiert. Entweder, in dem sie ihn direkt beurteilen (z.B. Lernerfolg: top!) oder indem sie die Inhalte rekapitulieren, wie der Teilnehmer SLS8640 (Gruppe MAN, m):

> „Persönlich waren mir auch nicht alle Möglichkeiten computergestützten Hilfsprogramme bewusst, die für viele Produktionsprozesse heutzutage verwendet werden. Das Labor hat gezeigt, dass man sich erst die Steuerung der Fräsanlage länger „eindenken“ muss, um diese anschließend korrekt bedienen zu können. Hier ist es von Vorteil ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen zu haben.“

Unter den Bemerkungen, die im Material mit der oberen und mittleren Subkategorie ausgezeichnet wurden, erweisen sich diejenigen aus der Simulationsgruppe insgesamt als etwas ausführlicher. Einige Beispiele:

> „Durch dieses, wie oben schon erwähnt, noch heute sehr aktuelle Thema der Energiegewinnung durch Wasserkraft, herrschte ein reges und interessiertes Lernklima, sowie ein hoher Lernerfolg.“ (TN Florian1, m)

> „Durch die Praktische Anwendung und Bildliche Darstellung bleibt der Stoff besser präsent, der Zugang wird erleichtert, der Stoff ist leichter nachzuvollziehen und auch der Lernerfolg wird dadurch erhöht.“ (TN KL1990)

> „Lernerfolg > schätze ich sehr hoch ein, da grundsätzliche als auch spezielle Fertigungsverfahren vermittelt werden und durch selbstständiges und interaktives Arbeiten besser behalten werden können.“ (TN Samsung).

Die mit 31 Prozent relativ hohe Zahl an Urteilen auf Niveau „geringer Lernerfolg“ von Frauen, die mit den Manualen gearbeitet haben, macht eine genauere Analyse erforderlich. Etliche Äußerungen heben hier auf die Schwierigkeit der Thematik ab, z.B. TN AF1963 (Gruppe MAN, w):

> „Aufgrund des relativ hohen Schwierigkeitsgrades war die Motivation relativ niedrig und der Lernerfolg leider nicht hoch.“

Sehr analytisch beurteilen beispielweise TN AR241091(Gruppe MAN, w) oder TN GS1956 (Gruppe MAN, w) ihren Lernerfolg:

> „Ich habe das Prinzip zwar nicht vollständig verstanden (weil ich es mir realistisch nicht vorstellen kann), jedoch war es trotzdem interessant für mich, mich mit dem Thema zu beschäftigen. Zum Beispiel weiß ich jetzt, warum die meisten Radiosender mit FM bezeichnet werden.“

> „Über den Lernerfolg kann ich nicht konkret etwas sagen, da ich mir nicht sicher bin jede Antwort richtig beantwortet zu haben.“

Resümee: Mit der Aufnahme des Begriffs Lernerfolg in die Begriffsliste der Lerntagebücher sollte nach jeder Lerneinheit eine Art metakognitives Resümee der Studierenden zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ angeregt werden. Ein Großteil der Statements ist wie bei den anderen Kategorien relativ knapp formuliert. Dort wo die Kommentare ausführlicher ausfallen, wird der Lernerfolg mit der Aufgabenlösung und dem Verständnis der Thematik in Zusammenhang gebracht. Lernerfolg oder Verständnis werden entweder deskriptiv bewertet (z.B. „Lernerfolg gegeben“) oder durch eine kurze Zusammenfassung des Wissenszugewinns dargelegt (z.B. „Es wurde mir klar, dass die ständige Verfügbarkeit von elektrischer Energie keine Selbstverständlichkeit ist“). Die Argumentationen der Studierenden aus der Simulationsgruppe zeigen sich insgesamt differenzierter, als diejenigen aus der Manualgruppe. Das lässt sich u.a. am Wort „durch“ nachweisen, dass innerhalb der zu dieser Kategorie codierten Segmente mit 32 Nennungen auf Rang 2 liegt. Innerhalb der Manualgruppe kommt „durch“ nur sieben Mal vor und liegt auf Rang 16. Insgesamt ergibt sich aus der Frequenzanalyse der Codings zur Einschätzung des eigenen Lernerfolgs ein für die Simulationsgruppe insgesamt etwas günstigeres Bild.

8.6.2.1.10 Zusammenfassung

Die Gegenüberstellung der aus dem Datenmaterial ermittelten prozentualen Häufigkeiten der Codings für die Urteile zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ nach Mediennutzungsgruppen ergibt, dass mit Ausnahme der Kategorien „Schwierigkeit“ und „Lernklima“ die Urteile in der Simulationsgruppe positiver ausfallen. Das gilt sowohl für den direkten Vergleich der oberen und unteren Ausprägungsgrade, als auch dann, wenn man die Prozentwerte für die oberen und unteren Ausprägungsgrade jeweils mit den Werten für das mittlere Level kombiniert und dann die Mediennutzungsgruppen miteinander vergleicht: Der Anteil derer, die in ihren Urteilen zu den Kategorien besondere oder grundsätzliche Zustimmung erkennen lassen, ist in der Gruppe

mit den rechnergestützten Materialen bzw. simulativen Elementen jeweils größer, als in der Vergleichsgruppe. Gleichzeitig ist der Anteil derjenigen, die bei den einzelnen Kategorien grundsätzlich zustimmen bzw. eher ablehnend votieren, jeweils in der Manualgruppe größer. Die Urteile zu den Kategorien „Schwierigkeit“ und „Lernklima“ fallen dagegen in beiden Mediennutzungsgruppen relativ ähnlich aus (s. Tab. 8.63).

Tab. 8.63: Tendenz der Urteile zum Erleben des Lernprozesses nach Auswertung der Codings

Kategorie	Manualgruppe	Simulationsgruppe
Interesse	-	↑
Motivation	-	↑
Zugang	-	↑
Lernhilfe	-	↑
Anschaulichkeit	-	↑
Schwierigkeit	-	-
Freude	-	↑
Lernklima	-	-
Lernerfolg	-	↑

Wertet man die Zahlen innerhalb der Mediennutzungsgruppen nach Geschlecht aus, deuten sich keine größeren Unterschiede an. Die Teilnehmerinnen in der Simulationsgruppe urteilen – wie ihre männlichen Kollegen – durchweg positiver als die Studierenden in der Manualgruppe.
Die qualitative Analyse des Materials anhand der definierten Dokumentensets macht deutlich, dass sich hinter den mit Subkategorien codierten Antworten teilweise unterschiedliche Sichtweisen und Rollenmuster verbergen. In den Ausführungen zu den einzelnen Begriffen unter der Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ scheinen folgende Antworttypen bzw. Argumentationsperspektiven auf: Lerner, Mediennutzer, Lehrer und Schüler. Überwiegend wird jedoch aus der eigenen Lerner- und Mediennutzungsperspektive heraus argumentiert, in geringerem Umfang auch aus Lehrer- oder Schülersicht. Als Beleg für die Dominanz der eigenen Sichtweise beim Gros der Texte kann das Personalpronomen „ich“ gelten. Es rangiert in der Liste der Worthäufigkeiten mit 674 Zählern an Platz 21. Häufiger kommen nur einzelne vorgegebene Wörter aus der Begriffsliste, Artikel und Konjunktionen vor. Weniger frequent als das Wort „ich“ sind die Wörter Lehrer (254 Nennungen), Lehrerin (16 Nennungen), Schüler (79 Nennungen), Schülerinnen (35 Nennungen). In den Texten der Simulationsgruppe taucht „ich“ mit 443 Nennungen wesentlich häufiger auf, als in der Manualgruppe mit 231 Nennungen.
Generell zeigen sich die Urteile der Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Simulationsgruppe etwas differenzierter. Pro Dokument aus dieser Gruppe entfallen durchschnittlich 678 Wörter, in der Manualgruppe sind es durchschnittlich 615 Wörter. Ob den simulativen Elementen deswegen ein höheres Reflexionspotenzial im Hinblick auf den eigenen Lernprozess zugestanden werden kann, kann hier nicht weiter untersucht werden. Die Urteile von Frauen fallen insgesamt etwas kritischer aus, sind jedoch auch analytischer als die der männlichen Studierenden.
Wie die Identifikation verschiedener Perspektiven bereits andeutet, beinhalten die Statements der Studierenden Hinweise auf die Wirkung unterschiedlicher motivationaler Komponenten. Relevante Aspekte, an denen Urteile der an der Studie teilnehmenden Studierenden festgemacht werden, sind vorrangig intrinsischer Natur und betreffen thematische und mediale Aspekte. Während die positiven Urteile in der Manualgruppe oftmals mit dem Alltags- oder Lebensbezug der Themen sowie der Übersichtlichkeit oder Struktur der Materialien in Verbindung gebracht werden, finden sich in der Simulationsgruppe vermehrt auch Statements, die den inter-

aktiven oder spielerischen Charakter der Apps herausstellen. Das unmittelbare Erleben der eigenen Wirksamkeit, bzw. die Erwartung, Prozesse selbstständig kontrollieren zu können, scheinen eine Motivationsquelle darzustellen und den Wert der Beschäftigung mit den simulativen Elementen zu erhöhen.
Bezieht man die Codinghäufigkeiten auf die einzelnen Lerneinheiten, zeigen sich größere Unterschiede. Obwohl die Segmentierung der Codierungen auf 12 Lerneinheiten oftmals nur kleine Zahlen pro Subkategorie nach sich zieht, legen die Codinghäufigkeiten den Schluss nahe, dass die Mediennutzungsart zwar durchaus einen Unterschied in Bezug auf die motivationalen Aspekte des Lernens macht, insgesamt für die Urteilsdistinktionen jedoch ein komplexes Beziehungsverhältnis aus unterschiedlichen motivationalen Komponenten verantwortlich ist. Dieses Beziehungsverhältnis in Gänze aufzuschließen, lassen die vorhandenen Aussagen kaum zu. Insofern kann hier nur spekuliert werden, in welchem Maße in den jeweiligen Mediennutzungsgruppen sach- oder tätigkeitsbezogene Anreize bzw. wert- oder emotionsbezogene Komponenten wirken. Einzelne Statements lassen jedoch die Vermutung zu, dass die Ursachen für die sich quantitativ nachweisbaren günstigeren Urteile der Studierenden aus der Simulationsgruppe in der Anschaulichkeit und im besonderen Anregungscharakter der simulativen Apps sowie im Erleben der Selbstwirksamkeit zu suchen sind.

8.6.2.2 Analyse der Textstellen zur Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“

Die in diesem Abschnitt analysierten Kategorien wurden im Lerntagebuch unter der Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ vorgegeben. Durch die Beschäftigung mit den Kategorien sollte der Fokus der Studierenden eher auf kognitive Aspekte gelenkt werden. Beabsichtigt war, Hinweise auf Effekte der Lernmedien bzgl. der Relevanz der Inhalte zu gewinnen, also der Frage nachzugehen, ob die Mediennutzungsart unter Umständen Einfluss auf das Technikbild oder auf die individuellen Einschätzungen zur Anwendbarkeit des technikbezogenen Wissens nimmt.

Dominanz von Subkategorien in den Falldokumenten: Einen ersten Eindruck über die Verteilung der Subkategorien erlaubt wieder die Analyse ihrer Dominanz in den Falldateien. Wie schon bei den Urteilen zum Erleben des Lernprozesses, ergibt der direkte Vergleich der Mediennutzungsgruppen mit Ausnahme der Kategorie Transfer in den Falldokumenten der Simulationsgruppe ein leichtes Übergewicht beim oberen Ausprägungsgrad (s. Tab. 8.64). Fasst man die Kategorien auf oberen und mittleren Niveau zusammen, sind die Unterschiede wiederum nicht allzu groß. In punkto Alltags- und Gesellschaftsbezug scheint bei Angehörigen der Manualgruppe sogar die grundsätzliche Zustimmung zu überwiegen. Die Subkategorien auf Level 3 dominieren kaum in den Falldokumenten.
Trennt man die Falldokumente nach Geschlecht und analysiert wiederum die jeweils in den Dokumenten vorherrschenden Kategorien aus dem Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens“ lässt sich kein Muster erkennen, das auf deutliche Unterschiede schließen ließe (s. Tab. 8.65).

Tab. 8.64: Dominanz der Subkategorien in den Falldokumenten nach Mediennutzungsgruppen – absolute Häufigkeiten und Spaltenprozente

Subkategorien	Manualgruppe (N=37) Anzahl (%)	Simulationsgruppe (N=48) Anzahl (%)
Transfer: Transfer sehr gut möglich	2 (5.4)	2 (4.2)
Transfer: Transfer gegeben	28 (75.7)	39 (81.3)
Transfer: Transfer schwer/ nicht möglich/ kaum gegeben/ schlecht abschätzbar	1 (2.7)	0
Transfer: nicht definiert	5 (13.5)*	5 (10.4)*
Technikzentrierte Gesellschaft: Gesellschaftsbezug hoch	6 (16.2)	10 (20.8)
Technikzentrierte Gesellschaft: Gesellschaftsbezug gegeben	21 (56.8)	23 (47.9)
Technikzentrierte Gesellschaft: nicht definiert	4 (10.8)*	5 (10.4)*
Alltag: Alltagsbezug hoch	6 (16.2)	10 (20.8)
Alltag: Alltagsbezug gegeben	24 (64.9)	25 (52.1)
Alltag: Alltagsbezug fraglich/keiner/gering	4(10.8)	3 (6.3)
Alltag: nicht definiert	2 (5.4)*	6 (12.5)*
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	6 (16.2)	11 (22.9)
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	23 (62.2)	27 (56.3)
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule keiner/gering	1 (2.7)	0
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: nicht definiert	4 (10.8)*	8 (16.7)*
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)

*Anmerkungen: * Ausprägungen wurden innerhalb der Dokumente gleich häufig codiert*

Tab. 8.65: Dominanz der Subkategorien in den Falldokumenten nach Geschlecht

Subkategorien	Geschlecht = m (N=32) Anzahl (%)	Geschlecht = w (N=53) Anzahl (%)
Transfer: Transfer sehr gut möglich	1 (3.1)	3 (5.7)
Transfer: Transfer gegeben	26 (81.3)	41 (77.4)
Transfer: Transfer schwer/ nicht möglich/ kaum gegeben/ schlecht abschätzbar	1 (3.1)	0
Transfer: nicht definiert	3 (9.4)*	7 (13.2)*
Technikzentrierte Gesellschaft: Gesellschaftsbezug hoch	9 (28.1)	7 (13.2)
Technikzentrierte Gesellschaft: Gesellschaftsbezug gegeben	13 (40.6)	31 (58.5)
Technikzentrierte Gesellschaft: nicht definiert	4 (12.5)*	5 (9.4)*
Alltag: Alltagsbezug hoch	5 (15.6)	11 (20.8)
Alltag: Alltagsbezug gegeben	19 (59.4)	30 (56.6)
Alltag: Alltagsbezug fraglich/keiner/gering	3 (9.4)	4 (7.5)
Alltag: nicht definiert	3 (9.4)*	5 (9.4)*
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch	5 (15.6)	12 (22.6)
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	21 (59.6)	31 (58.5)
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule keiner/gering	0	1 (1.9)
Lehrer für Wirtschaft und Beruf: nicht definiert	5 (15.6)*	7 (13.2)*
N (Dokumente)	32 (37.6%)	53 (62.4%)

*Anmerkungen: * Ausprägungen wurden innerhalb der Dokumente gleich häufig codiert*

Nachfolgend werden quantitative und qualitative Zusammenhänge für die Kategorien bzw. Subkategorien wieder genauer analysiert. Die quantitativen Analysen beziehen sich wie vorher zum einen auf die Kategorienhäufigkeit bezogen auf Dokumentensets (Gruppen), zum anderen auf die Kategorienhäufigkeit bezogen auf die thematisch unterschiedlichen Lerneinheiten.

8.6.2.2.1 Transfer

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Vergleicht man die Werte der Mediennutzungsgruppen bezüglich der Häufigkeiten der Codings für den Aspekt „Transfer“, zeigen sich bezüglich der etwas neutraleren mittleren Dimension keine besonderen Auffälligkeiten – die Prozentwerte liegen hier dicht beieinander (s. Tab. 8.66). Die Unterschiede bei der unteren und oberen Subkategorie sind dagegen deutlicher ausgeprägt und zwar zugunsten der Simulationsgruppe. Obwohl zahlenmäßig kleiner weist die Manualgruppe mit 25 fast doppelt so viele Codings für das Urteil auf unterem Niveau auf, als die Simulationsgruppe.
Bei den männlichen Studierenden differieren die Urteile stärker zwischen den Mediennutzungsgruppen, als bei den Frauen (s. Tab. 8.67). Die Neigung, den Inhalten in den Lerneinheiten bzw. medialen Lernelementen eine mangelnde Transferfähigkeit zu bescheinigen, ist anscheinend bei den männlichen Studierenden aus der Manualgruppe ebenfalls ausgeprägter als bei den anderen Gruppen.

Tab. 8.66: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Transfer“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Transfer sehr gut möglich	24 (12.6%)	34 (18.5%)	58 (15.5%)
Transfer gegeben	141 (74.2%)	137 (74.5%)	278 (74.3%)
Transfer schwer/ nicht möglich/ kaum gegeben/ schlecht abschätzbar	25 (13.2%)	13 (7.1%)	38 (10.2%)
SUMME	190 (100%)	184 (100%)	374 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.67: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Transfer“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Transfer sehr gut möglich	11 (15.3%)	26 (23.4%)	13 (11.0%)	8 (11.0%)	58 (15.5%)
Transfer gegeben	48 (66.7%)	77 (69.4%)	93 (78.8%)	60 (82.2%)	278 (74.3%)
Transfer schwer/ nicht möglich/ kaum gegeben/ schlecht abschätzbar	13 (18.1%)	8 (7.2%)	12 (10.2%)	5 (6.8%)	38 (10.2%)
SUMME	72 (100%)	111 (100%)	118 (100%)	73 (100%)	374 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

In der prozentualen Verteilung der Codings mit Bezug zu den Lerneinheiten lässt sich ein gewisses Muster erkennen: Bei relativer Nähe der Zahlen für die mittlere Kategorie in beiden Mediennutzungsgruppen weist die Simulationsgruppe fast bei jeder Lerneinheit eine erhöhte Rate für die obere Ausprägung auf. Dagegen finden sich in der Manualgruppe prozentual mehr Codings für die untere Kategorie (s. Tab. 8.68).

Tab. 8.68: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Transfer“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen Anzahl der Codings in Zeilenprozent			Arbeit mit Simulationen Anzahl der Codings in Zeilenprozent		
	Transfer sehr gut möglich	Transfer gegeben	Transfer schwer/ nicht möglich/ kaum gegeben/ schlecht abschätzbar	Transfer sehr gut möglich	Transfer gegeben	Transfer schwer/ nicht möglich/ kaum gegeben/ schlecht abschätzbar
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	15	77	8	7	86	7
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	0	85	15	0	82	18
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	24	67	10	33	61	6
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	17	72	11	32	68	0
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	7	73	20	20	75	5
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	6	81	13	11	84	5
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	0	82	18	5	84	11
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	22	78	0	6	88	6
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	14	64	21	20	60	20
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	22	44	33	50	50	0
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	13	80	7	15	77	8
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	9	64	27	17	83	0

Qualitative Analyse: Beim genauen Blick auf die Äußerungen zur Kategorie „Transfer“ wird deutlich, dass Studienteilnehmende beider medialer Nutzergruppen und quer über alle Ausprä-

gungsgrade den Begriff zum Anlass nehmen, aus ganz unterschiedlichen Perspektiven zu argumentieren. So beziehen sich die Äußerungen zur Transferfähigkeit auf Aspekte wie die Übertragbarkeit des Themas auf das eigene Leben, die Transferfähigkeit des Wissens in das notwendige Professions- bzw. Hintergrundwissen eines Lehrers, die Transferfähigkeit des Wissens als Schulstoff sowie die Transferfähigkeit des Wissens durch die Schülerinnen und Schüler.
Häufig wird aus Sicht des selbst von Technik Betroffenen argumentiert. Ein Beispiel liefert TN SLS8640 (Gruppe MAN, m):

> „Die Lerneinheit hat zur eigenen Reflexion über die Ziele technischer Bildung sehr beigetragen. Auch der Denkansatz inwiefern sich die Arbeitswelt auf dem Weg zur Industrie 4.0 verändert und wie die neuen Anforderungen in die technische Bildung integriert werden können, ist für die Rolle als zukünftiger Arbeitslehre Lehrer sehr interessant. Die Laboreinheit hat von der Systematik verdeutlicht wie manche automatischen Maschinen funktionieren, die man im Alltag antrifft.“

TN 8pilger13 (Gruppe SIM, m) konstatiert:

> „Das Thema Energie ist elementarer Bestandteil unseres Lebens - denn ohne sie funktioniert heute kaum noch etwas -, der eigentlich immer in ausreichender Menge verfügbar ist und man sich der Wichtigkeit oder Bedeutung von Energie erst bewusst wird, wenn sie aus irgendwelchen Gründen nicht mehr verfügbar ist. Man denkt nicht über das dahinterstehende System nach, dabei hilft das Material.“

TN LK1963 (Gruppe MAN, w) sieht den Transfer des in der Veranstaltung erworbenen Wissens im Hinblick auf die zukünftige Lehrerrolle:

> „Bei dieser Lerneinheit wurden die verschiedenen Begriffe der Bestandteile einer Heizanlage vorgestellt. Wenn diese zu dem Zeitpunkt noch fremd gewesen waren, so musste man sich jetzt mit ihnen auseinandersetzten. Falls sie schon bekannt gewesen waren, fand eine Vertiefung statt. Für einen Lehrer des Faches AWT sind solche Begriffe ein notwendiges Vokabular, weswegen dieses vorzustellen sinnvoll war.“

Eine Beurteilung des Stoffs in Punkto Unterrichtstauglichkeit nimmt TN 0802Aatime (Gruppe SIM, m) vor:

> „So würde ich sagen, dass man dieses Thema genauso recht gut im Unterricht behandeln kann. Auch wer sich allgemein dafür interessiert, könnte mit Hilfe des Theorieteils und der Apps sich recht gut Klarheit verschaffen.“

TN Florian1 (Gruppe SIM, m) überträgt den Begriff Transfer dagegen auf Schülerinnen und Schüler und ihre Freiheitsgrade in punkto Selbststeuerung im Lernprozesses:

> „Für Transferaufgaben im Unterricht ist diese Applikation sehr gut, da die Schüler selbst entscheiden können mit welchem Kraftwerk sie wie viel Energie erzeugen (Umwelt, CO2-Emissionen, etc.). Des Weiteren lernen sie, dass es wichtig ist die Energie genau auf den Verbrauch abzustimmen, da zu viel Energie umweltschädlich ist (CO2-Emmissionen, keine Energiespeicherung von Dauer, etc.) und das zu wenig Energie nicht sein darf (keine Arbeit, kein Licht, etc.).“

Die unterschiedlichen Begründungsperspektiven zur Transferfähigkeit des Wissens sind in erster Linie vor dem Hintergrund der thematischen Ausrichtung der Lerneinheiten zu sehen. Das gilt auch für die wertende Dimensionierung der Transferfähigkeit. Mit 6 Codings in Bezug auf mangelnde Transferfähigkeit des vermittelten Wissens kommt die Lerneinheit 9, bei der sich die Studierenden in der Aufgabenstellung näher mit Fertigungstechnik und CNC-Simulation beschäftigen sollten, am schlechtesten weg. Die 6 Statements dazu kommen zu gleichen Teilen aus beiden medialen Nutzergruppen:

> „Für mich persönlich ist es eher unwichtig, da ich als Lehrer niemals damit arbeiten werde.“ (TN MS1966, Gruppe MAN)

> „Transfer: braucht man nicht im Alltag.“ (TN EG1963, Gruppe MAN)

> „Für das Allgemeinwissen ist der vorliegende Teil meiner Meinung nach nicht wichtig.“ (TN SS1961, Gruppe SIM, m)

> „Ob es dem Allgemeinwissen dient, denke ich nicht, da das Programm in der Gesellschaft keinen so hohen Stellenwert hat.“ (TN RBS1662, Gruppe SIM, w)

> „Transfer: braucht man in technischen Berufen, sonst nicht.“ (TN PW1960, Gruppe MAN)

> „Für die Praktische Anwendung nicht sehr hilfreich.“ (TN KY1965, Gruppe SIM)

Resümee: Die Studierenden nehmen den Begriff „Transfer“ in der Begriffsliste des Lerntagebuchs zum Anlass, aus unterschiedlichen Perspektiven zu argumentieren. Die Urteile sind mit Statements zum Alltags-, Gesellschafts-, Unterrichts- bzw. Schulbezug verknüpft. Eine Analyse zu Überschneidungen verschiedener Kategorien ergibt, dass innerhalb der Manualgruppe Äußerungen zu sehr guten oder generellen Transfermöglichkeiten tendenziell eher auf den Alltagsbezug rekurrieren, wohingegen Codings zum Transfer bei den Angehörigen der Simulationsgruppe eher mit Codings zum Lehrer-, Fach- oder Schulbezug assoziiert sind. Insgesamt fällt das Urteil zur Transferfähigkeit in der Simulationsgruppe etwas günstiger aus.

8.6.2.2.2 Gesellschaftsbezug

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Mit 199 codierten Segmenten erweist sich die Anzahl der Einschätzungen zum Begriff „Technikzentrierte Gesellschaft“ als vergleichsweise übersichtlich. Im Bereich der Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens“ handelt es sich um die Kategorie mit der geringsten Anzahl an Codings. Teilt man die codierten Textstellen den verschiedenen Subkategorien zu, ergeben sich im Vergleich der beiden Mediennutzungsgruppen keine nennenswerten Unterschiede (s. Tab. 8.69.). Der überwiegende Teil der Studierenden verbindet mit dem Begriff Urteile über die Aktualität bzw. gesellschaftliche Bedeutung der entsprechenden Inhalte und sieht diese durchaus als gegeben an. Mit Blick auf die Geschlechter lassen die Zahlen jedoch die Feststellung zu, dass unter den männlichen Teilnehmern die Bereitschaft größer ist, den Themen einen höheren Gesellschaftsbezug zu attestieren und zwar unabhängig von der Art der medialen Behandlung (s. Tab. 8.70).

Tab. 8.69: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Gesellschaftsbezug“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Gesellschaftsbezug hoch	17 (20.7%)	31 (26.5%)	48 (24.1%)
Gesellschaftsbezug gegeben	64 (78.0%)	83 (70.9%)	147 (73.9%)
Gesellschaftsbezug gering	1 (1.2%)	3 (2.6%)	4 (2.0%)
SUMME	82 (100%	117 (100%)	199 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.70: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Gesellschaftsbezug“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Gesellschaftsbezug hoch	4 (30.8%)	20 (31.7%)	13 (18.8%)	11 (20.4%)	48 (24.1%)
Gesellschaftsbezug gegeben	9 (69.2%)	43 (68.3%)	55 (79.7%)	40 (74.1%)	147 (73.9%)
Gesellschaftsbezug gering	0 (0%)	0 (0%)	1 (1.4%)	3 (5.6%)	4 (2.0%)
SUMME	13	63	70	54	199 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Analysiert man die Coding-Raten entlang der thematischen Einheiten, sind auch hier keine größeren Unterschiede zwischen den beiden Mediengruppen zu erkennen (s. Tab. 8.71).

Tab. 8.71: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Technikzentrierte Gesellschaft“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen Anzahl der Codings in Zeilenprozent			Arbeit mit Simulationen Anzahl der Codings in Zeilenprozent		
	Gesellschaftsbezug hoch	Gesellschaftsbezug gegeben	Gesellschaftsbezug gering	Gesellschaftsbezug hoch	Gesellschaftsbezug gegeben	Gesellschaftsbezug gering
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	0	100	0	9	91	0
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	50	50	0	10	80	10
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	0	100	0	0	80	20
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	0	100	0	0	80	20
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	18	82	0	53	47	0
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	0	100	0	31	69	0
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	0	75	25	17	83	0
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	50	50	0	50	50	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	13	88	0	0	100	0
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	18	82	0	42	58	0
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	27	73	0	25	75	0
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	27	73	0	29	71	0

Die Zahlen deuten darauf hin, dass der Gesellschaftsbezug der in den Lerneinheiten behandelten Themen allgemein als relativ hoch eingeschätzt wird. Mit 10 Codings für „hohen Gesellschaftsbezug“, 18 für „gegebenen Gesellschaftsbezug“ und keinem einzigen Marker für einen „geringen Gesellschaftsbezug“ wird der Lerneinheit 5 (Energie mit der simulativen Energiebereitstellungsaufgabe) eine hohe Priorität zugewiesen. Mit etwas Abstand folgen die Lerneinhei-

ten 10 (Aspekte der Kommunikations- und Informationstechnik mit der grafischen Programmieraufgabe), 11 (Technikbewertung) und 12 (Sortiersimulation).

Qualitative Analyse: Fragen der Energie-, Produktions- sowie Kommunikations- und Informationstechnik bilden im Kurs „Grundlagen der Technik“ einen gewissen Schwerpunkt. Aufgrund der öffentlichen Relevanz dieser Themen sind die Statements der Studierenden zu Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens unter dem Gesichtspunkt „Technikzentrierte Gesellschaft“ von besonderem Interesse. Neben dem direkten Vergleich von Textstellen, bietet eine Untersuchung der Begriffsvarianz und Worthäufigkeit zusätzlichen Aufschluss über die Qualität der Ausführungen zu dieser Kategorie und den mit ihr verknüpften Themenbereichen.
So zeigt eine Auflistung von Worthäufigkeiten im Bereich der codierten Segmente zur Kategorie „Technikzentrierte Gesellschaft“ eine gewisse Dominanz von Wörtern mit dem Bestandteil „energ(ie)“. Sie tauchen über 34 Mal auf. Trotz dieses Übergewichts bleiben die meisten Ausführungen zum Themenbereich Energie bei der Betonung der grundsätzlichen Wichtigkeit stehen. Nur vereinzelt werden aus der Feststellung der Bedeutsamkeit Kenntnisse abgeleitet, die in der Schule vermittelt bzw. innerhalb der Gesellschaft vorhanden sein sollten. Einige Beispiele:

> „Für die Technikzentrierte Gesellschaft das Wissen zu besitzen finde ich wichtig, da man wissen sollte, woher unsere Energie kommt und welche Vor- und Nachteile es bringt.“ (TN AR241091, MAN, w)

> „Gut für Diskussion aufgrund der Aktualität der Probleme: Atomkraftwerke und zu hoher CO2 Ausstoß bei den Kohlekraftwerken.“ (TN PPS15499, SIM, m)

> „Energie und Strom ist ein sehr wichtiges Thema, da es uns wahrscheinlich in der Zukunft bezüglich der Suche nach besseren Möglichkeiten der Gewinnung von erneuerbaren Energien beschäftigen wird. Sehr interessante Lerneinheit zur Überblicksgewinnung.“ TN BW1969 (Gruppe SIM, m)

Statements, wie die nachfolgenden, mit weiterreichenden Überlegungen oder Konsequenzen sind die Ausnahme.

> „Gerade durch die Simulation ist es deutlich geworden, wie schwierig die nachhaltige Verwaltung der einzelnen Energieträger ist. Die Frage, wie flexibel die Energieträger sind und in wie weit sie sich miteinander kombinieren lassen, sind heute immer noch eine wichtige Frage, die es zu klären gilt.“ (TN YD, Gruppe SIM, m)

> „Die Energiewende ist ein sehr aktuelle(s) Thema, dafür kann das Wissen auf jeden Fall angewendet werden. Nicht nur um Diskussionen zu führen, sondern sich selbst eine Meinung zu bilden und dementsprechend zu Handeln (Grünen Strom beziehen….).“ (TN SJ1965, Gruppe SIM)

> „Technik hält immer mehr Einzug in den Alltag des Menschen und dessen Arbeitswelt, deswegen ist es wichtig sich mit Veränderungen auseinanderzusetzen und eine Haltung, Einstellung Meinung zu bekommen.
> - Wichtig in Energiegewinnung, Politik, Verkehr etc.
> - Beteiligen können an Diskussion – Wissen entwickeln um darauf aufbauen zu können
> - Schüler wie Lehrer bewusst machen – Technik muss mehr in den Fokus rücken
> - Darf kein spanisches Dorf sein bzw bleiben.“ (TN IW1957, Gruppe SIM, m)

Trotz der Einschränkungen in Bezug auf die inhaltliche Tiefe erweisen sich die Urteile der Studierenden zu den Lerneinheiten über Energie und Energietechnik im Vergleich zu den anderen thematischen Schwerpunkten im Großen und Ganzen elaborierter.
Zwar ergibt auch die Analyse der Häufigkeiten von Codings zum Begriff „Technikzentrierte Gesellschaft“ bei den mit Informations- und Kommunikationsthematiken befassten Lerneinheiten (6, 9, 10, und 12), dass sich die meisten Studierenden der gesellschaftlichen Tragweite entsprechender Technologien durchaus bewusst sind. Die Untersuchung von Worthäufigkeiten zu dieser Kategorie macht jedoch auch deutlich, dass Begriffe aus der Informations- und Kommunikationstechnik eher spärlich verwendet werden. Inhaltlich sind die Äußerungen über die gesellschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung daher insgesamt recht vage. Stellvertretend dafür steht die Aussage von TN VZ (Gruppe MAN, w):

> „Programmieren wird wahrscheinlich in Zukunft immer wichtiger für technische Berufe.“

TN Lucia17062 (Gruppe MAN, w):

> „Sowohl als Lehrer als auch für meine privaten Zwecke finde ich das Thema der Digitalisierung sehr wichtig.

> Besonders die neuen Informations- und Kommunikationstechniken werden immer mehr Teil unserer Gesellschaft, sodass jeder damit in Berührung kommt."

Etwas analytischer äußert sich TN 8pilger13 (Gruppe SIM, m):

> „Wie in der Aufgabe vorher – die Entwicklung einer Programmierung für einen Auffahrassistenten – ist Programmieren beinahe eine Grundfähigkeit, um in unserer technikzentrierten Gesellschaft bestehen zu können. Dieses Wissen – auch um prozedurale Abläufe in Programmierungen – ist wichtig, auch um Probleme in meinem von Technik geprägten Alltag zu lösen."

Nur in geringem Umfang finden sich in den zur Kategorie „Technikzentrierte Gesellschaft" codierten Textsegmenten zudem Begrifflichkeiten zur Produktionstechnik. Damit bleiben entsprechende Aussagen zu diesem Themenfeld wiederum sehr allgemein. Eine etwas differenziertere Analyse liefert Florian1 (Gruppe SIM, m) bei der Beurteilung von Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens aus Lerneinheit 9 (Produktionstechnik mit CNC-Simulationsaufgabe):

> „Transfer/Alltag/Technikzentrierte Gesellschaft/Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Wie oben genannt, finde ich diese Applikation als einen perfekten Einstieg in die Welt des Programmierens. Vor allem das Errechnen der Daten, das Auswählen der Geräte und vielleicht auch die Unübersichtlichkeit der Masse regen zu einer Diskussion an. Durch aber eben diese Diskussion befasst man sich noch intensiver mit diesem Thema des Programmierens und es ist somit, meiner Meinung nach, ein sehr gute Simulation für Schüler und Studenten. Im Alltag ist die vollendete Programmierung verschiedener Haushaltsgeräte oder Computerspiele nicht mehr wegzudenken. Durch die App befasst sich ein Schüler oder Student eventuell intensiver mit dieser Materie und hinterfragt wie es denn funktioniert dass die Waschmaschine genau weiß, wie viel Wasser sie benötigt, wann sie zu schleudern beginnt und wann sie den Waschvorgang beendet oder wie schafft es ein Lionel Messi in FIFA 16 ein Tor zu schießen bzw. wie funktioniert es das ein Lionel Messi in einem Computerspiel so sehr seinem menschlichen Vorbild ähnelt? Was gehört da an Programmierung dazu? Wie läuft diese Programmierung ab? Natürlich ist die Welt des Programmierung ewig weit gefächert und sehr komplex, jedoch bietet diese kleine Simulation einen guten Einstieg in diese und regt das Interesse an dieser auch sehr an."

Ebenfalls zur Lerninhalt 9 (Produktionstechnik mit CNC-Simulationsaufgabe) schreibt TN SLS8640 (Gruppe SIM, m):

> „Die Lerneinheit kann sehr gut in der Mittelschule verwendet werden, um Jugendliche an die zukünftigen Anforderungen vieler technischen Berufe heranzuführen, da heute kaum ein größerer Betrieb ohne Computerunterstützung läuft. Weiterhin wird ein Bewusstsein dafür geschaffen, dass es durch die zunehmende Automatisierung bzw. Steuerbarkeit von Produktionsprozessen zu einer Umstrukturierung vieler Berufe kommen wird bzw. bereits kam. Man muss sich vor Augen führen, dass bestimmte Berufe komplett durch Maschinen/Roboter/Anlagen ersetzt werden und die „menschliche" Aufgabe besteht zukünftig womöglich größtenteils nur aus Wartung und Justierung der Anlagen. Dieser Trend sollte bei der Wahl des Ausbildungsberufes durchaus eine Rolle spielen.
> Allerdings ergeben sich aus zunehmender Automatisierung und vor Allem dem Datensammeln neuer Möglichkeiten für Geschäftsfelder die zum Teil noch nicht erschlossen sind und somit großes Potential für neue Geschäftsmodelle liefern."

Resümee: Gesellschaftliche Auswirkungen von Technik und Technologien sind Gegenstand unterschiedlichster öffentlicher Diskussionen und zählten auch zu den Inhalten der von den Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern bearbeiteten Aufgaben. Aussagen und Urteile der Studierenden, die Technik oder Technologien direkt mit gesellschaftlichen Verhältnissen wie Normen, Werte, Strukturen und Institutionen in Beziehung setzten oder ihre Auswirkungen auf Ökonomie, Arbeits- und Berufswelt thematisierten, wurden mit den Subkategorien zum Aspekt „Technikzentrierte Gesellschaft" codiert. Ebenfalls den entsprechenden Subkategorien zugeordnet wurden Aussagen, die die Aktualität bzw. Bedeutung der Thematik in öffentlichen Debatten konstatierten.

Die Analyse des Datenmaterials zeigt, dass die Angehörigen beider Mediennutzungsgruppen die gesellschaftliche Bedeutung der Themen bei fast allen Lerneinheiten als hoch oder zumindest gegeben beurteilen. Dabei argumentieren sie in Zusammenhang mit dem Begriff „Technikzentrierte Gesellschaft" durchaus vielschichtig und ziehen Schlüsse auf gesellschaftliche Auswirkungen. Im Vergleich der einzelnen Lerneinheiten erweisen sich die Ausführungen zum Themenkomplex Energie in punkto Differenziertheit am weitesten entwickelt. Möglicherweise hat hier der öffentliche Diskurs über Energie, Energiebereitstellung oder Versorgungssicherheit deutlichere Spuren hinterlassen. Die Statements zu den Themen und Aufgaben aus dem Bereich

der Informations- und Kommunikationstechnik bleiben argumentativ dagegen eher bei einer Zustandsbeschreibung bzw. bei der Feststellung allgemeiner Bedeutsamkeit stehen. Deutlich wird das beispielsweise an der Lerneinheit 9 zur Produktionstechnik: Die Digitalisierung wird zwar als gesellschaftliche Aufgabe begriffen, der sich jeder Einzelne und natürlich auch Schule und Lehrpersonal stellen müssen. Die Urteile über die digitalen Technologien werden jedoch vorrangig an der Feststellung ihrer Dominanz und ihrer hohen Berufsrelevanz festgemacht. Konkretere Analysen über gesellschaftlichen Folgen oder berufliche Auswirkungen der Digitalisierung auf die Schülerinnen und Schüler lassen sich mit wenigen Ausnahmen im Material kaum ausmachen, obwohl sie während der Veranstaltungen durchaus kommuniziert wurden. Der Diskurs über das disruptive und innovative Potenzial digitaler Techniken im ökonomischen System scheint die zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer anscheinend noch nicht erreicht zu haben. Im Vergleich der Mediennutzungsgruppen untereinander argumentierten die Angehörigen der Simulationsgruppe insgesamt vielschichtiger und umfangreicher. Das lässt sich u.a. an der auf die jeweilige Gruppe bezogenen durchschnittlichen Anzahl an Wörtern zur Rubrik „Technikzentrierte Gesellschaft“ belegen.

8.6.2.2.3 Alltagsbezug

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Mit 414 Codings zählen Aussagen zu dieser Kategorie mit zu den am häufigsten codierten Textstellen. Während die Anzahl der Einschätzungen auf mittlerem Niveau bei der Beurteilung des Alltagsbezugs in beiden Mediennutzungsgruppen prozentual annähernd gleich hoch ausfällt, weisen die Zahlen der Codings für die untere wie obere Ausprägung in der Simulationsgruppe eine etwas günstigere Bewertung auf (s. Tab. 8.72).

Tab. 8.72: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Alltagsbezug“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Alltagsbezug hoch	42 (20.4%)	55 (26.8%)	97 (23.6%)
Alltagsbezug gegeben	117 (56.8%)	119 (58.0%)	236 (57.4%)
Alltagsbezug fraglich/keiner/gering	47 (22.8%)	31 (15.1%)	78 (19.0%)
SUMME	206	205	411 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48 (56.5%)	85 (100%)

Trennt man die Häufigkeiten der Codings nach geschlechtlicher Zugehörigkeit, ergibt sich kein wesentlich anderes Bild: Die Subkategorie „Alltagsbezug hoch“ dominiert jeweils in der Simulationsgruppe und die untere Dimension in der Manualgruppe (s. Tab. 8.73).

Tab. 8.73: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Alltagsbezug“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Alltagsbezug hoch	11 (17.7%)	27 (27.8%)	31 (21.5%)	28 (25.9%)	97 (23.6%)
Alltagsbezug gegeben	35 (56.5 %)	51 (52.6%)	82 (56.9%)	68 (63.0%)	236 (57.4%)
Alltagsbezug fraglich/keiner/gering	16 (25.8%)	19 (19.6%)	31 (21.5%)	12 (11.1%)	78 (19.0%)
SUMME	62	97	144	108	411 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Die Analyse der prozentualen Verteilung der Codings innerhalb der Mediennutzungsgruppen bezogen auf die einzelnen thematischen Lerneinheiten ergibt auch hier kein einheitliches Bild. Während die Prozentwerte bei der mittleren Ausprägung häufig nahe beieinanderliegen, lassen sich die Codings der Angehörigen der Simulationsgruppe tendenziell eher den höheren Ausprägungsgraden zuordnen. Urteile auf niedrigem Niveau finden sich dagegen etwas häufiger in der Manualgruppe (s. Tab. 8.74).
Relativ viele Textstellen für die obere und mittlere Kategorie konnten bei den Lerneinheiten 8 (Energietechnik Stromverbrauchsmessung), 4 (Kategorie Stoff und Baustoffauswahl für ein Haus) und 3 (Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung) codiert werden. Ein relativ hoher Anteil an Statements auf Niveau 3 (Alltagsbezug fraglich/keiner/gering) findet sich dagegen in beiden Gruppen in Äußerungen zu den Lerneinheiten 9 Produktionstechnik mit CNC-Simulation und 10 Kommunikations- und Informationstechnik mit der grafischen Programmieraufgabe sowie bei der Lerneinheit 12 mit der Sortiersimulationsapp.

Tab. 8.74: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Alltag“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen Anzahl der Codings in Zeilenprozent			Arbeit mit Simulationen Anzahl der Codings in Zeilenprozent		
	Alltagsbezug hoch	Alltagsbezug gegeben	Alltagsbezug fraglich/keiner/gering	Alltagsbezug hoch	Alltagsbezug gegeben	Alltagsbezug fraglich/keiner/gering
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	15	54	31	24	71	6
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	40	20	40	27	45	27
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	32	64	5	32	64	4
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	16	80	4	25	71	4
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	27	60	13	47	53	0
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	26	43	30	29	50	21
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	12	69	19	23	68	9
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	40	60	0	46	54	0
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	0	43	57	7	33	60
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	13	44	44	0	63	38
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	20	67	13	0	80	20
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	11	11	78	11	33	56

Qualitative Analyse: Argumentativ wird ein hoher Alltagsbezug vor allem aus privater Perspektive begründet, in geringen Umfang auch aus Sicht der zukünftigen Lehrerrolle oder aus Sicht von Schülern. Während der Großteil der Studierenden also die direkte Anwendbarkeit im persönlichen Umfeld herausstellt, argumentiert eine kleinere Gruppe vor allem mit der Zielgruppenorientierung der Inhalte, denen eine Förderung intrinsischer Motivation bei den Schülern zugebilligt wird. TN Yx3ak45c9 (Gruppe MAN, w) vereint beide Sichtweisen bei ihrem Urteil zur Lerneinheit 8 (Energieverbrauchsmessungssimulation):

> „Ich glaube, dass man das Wissen gut für die Schule gebrauchen, da man es sowohl den Schülern beibringt als auch selber gut in der Schule und im Alltag umzusetzen ist. So kann man zum Beispiel eine AG gründen, in der die Schüler etwas über Energie erfahren und das Wissen in der Schule an den verschiedenen Räumen

austesten und darauf achten können."

Das Gros der Äußerungen fällt relativ knapp aus. Zumeist wird allein die generelle Bedeutung der Inhalte für den Alltag herausstellt. In den weniger zahlreichen analytischeren Einschätzungen wird u.a. mit einem tieferen Verständnis bzw. mit einem stärkeren Bewusstsein für die Technik durch die inhaltliche Arbeit argumentiert und Effekte für die eigene Handlungskompetenz prognostiziert. Zwei Beispiele zur Lerneinheit 3:

„Das Wissen, wie eine Heizanlage im Haus funktioniert ist nützlich, da sich in jedem Haushalt eine befindet und sie eine sehr wichtige Rolle spielt, was das Heizen und Warmwasser angeht. Wenn man kaltes Wasser unter der Dusche hat, hat man nach der Einheit eine bessere Idee davon, an was es liegen könnte." (TN HJ1963 Gruppe MAN, w)

„Die Lerneinheit lässt sich sehr gut für den privaten Gebrauch nutzen, um strukturierte Fehlerdiagnosen durchführen zu können (beispielsweise Fehlfunktion etc. von Computern). Weiterhin sorgt das erlangte Wissen für ein besseres Verständnis für die Wirkzusammenhänge innerhalb technischer Anlagen. Die Einheit kann auf sehr viele alltägliche Probleme übertragen werden, um sie geordnet betrachten und beurteilen zu können." (TN SLS8640, Gruppe MAN, m)

Alltagsbezug wird vor allem den Energie- und Heizungsthemen zugestanden. Auch Inhalte zur Informations- und Kommunikationstechnik werden argumentativ auf den Alltag bezogen. Lucia17062 (Gruppe MAN, w) beispielsweise bemerkt zu Lerneinheit 10 mit der grafischen Programmieraufgabe:

„Sowohl als Lehrer als auch für meine privaten Zwecke finde ich das Thema der Digitalisierung sehr wichtig. Besonders die neuen Informations- und Kommunikationstechniken werden immer mehr Teil unserer Gesellschaft, sodass jeder damit in Berührung kommt."

Solche Einschätzungen zur Relevanz von Informations- und Kommunikationstechniken sind im Bereich der codierten Segmente zum Alltagsbezug jedoch eher die Ausnahme. Dies lässt sich beispielsweise an den relativ hohen Zahlen für Codings der Subkategorie 3 (Alltagsbezug fraglich/keiner/gering) belegen, die sich thematisch vor allem dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik zurechnen lassen. Die Lerneinheit 9 (Produktionstechnik mit CNC-Simulation) liegt mit insgesamt 17 Codings bei den Voten auf unterem Niveau vorne. Hier eine Auswahl der dazu codierten Textsegmente:

„Wie man CNC-Fräsen programmiert finde ich unnützes Wissen."

„Die Einführung in dieses Thema war interessant, auch wenn ich das Programmieren vermutlich nie anwenden muss."

„Für den Alltag ist es für mich persönlich unwichtig, da ich nicht vor habe mich in Freizeit mit Maschinenprogrammieren zu beschäftigen."

Ähnlich verhält es sich mit den Statements zur Subkategorie 3 bei Lerneinheit 12, in der sich die Studierenden mit der grafischen Programmierung einer Sortieranlage beschäftigten.

„Das Programmieren war interessant, aber ist nicht weiter relevant für meine Zukunft."

„Alltag > im Alltag geringerer Nutzen, man weiß zwar wie Dinge anfangs geplant und konstruiert werden um einen Prozess in Gang zu bringen."

„Die Lerneinheit ist nicht unbedingt für den Alltag nützlich, außer man arbeitet in der Branche."

„Ich persönlich brauche das Wissen im Alltag nicht."

„In meinem bisherigen Alltag bin ich der Thematik allerdings nie bewusst begegnet."

„Alltag: eher weniger relevant."

„Alltag: Für den Alltag nützt mir diese Lerneinheit wahrscheinlich eher weniger. Für die Allgemeinbildung ist es jedoch immer gut Neues zu erfahren, wobei ich es auch durchaus interessant fand, mal zu sehen, wie Programmierungen auch mit schwierigeren Komponenten (Lichtschranke etc.) funktionieren und worauf man alles achten muss."

„In meinem Privatleben werde ich die Infos wahrscheinlich nicht allzu oft verwenden können."

Die offensichtliche Distanz, die sich aus den Einschätzungen zwischen dem eigenen Alltag und informationstechnischen Anwendungen herauslesen lässt, wird durch eine Auszählung der Worthäufigkeit innerhalb der Codings zum Alltag weiter bestätigt. So werden Begriffe mit dem

Bestandteil „energ(ie)“ relativ häufig verwendet. Allein das Wort Energie wird 28 Mal erwähnt. Ebenfalls häufig tauchen Begriffe rund um das Thema Heizen auf (32 Mal). Alle diese Begriffe können Äußerungen der Dimensionen 1 und 2 zugeordnet werden. Begriffe mit dem Bestandteil „programm(ieren)“ sind dagegen mit 10 Nennungen hauptsächlich in Zusammenhang mit der Subkategorie „Alltagsbezug fraglich/keiner/gering“ gemarkert, mit 7 Nennungen bei „Alltagsbezug gegeben“ und mit drei Nennungen bei „Alltagsbezug hoch“. Die beiden Wörter „Datensicherheit“ und Datenschutz“ sind insgesamt nur dreimal aufgeführt.
Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Einschätzungen zur Lerneinheit 11 (Technikbewertung) bei der die Studierenden entweder ein Flugtaxi oder einen Pflegeroboter nach dem Werteoktogon des VDI bewerten sollten. Zumindest eine kleine Gruppe von Studierenden hat damit offensichtlich Probleme:

> „Technikbewertung ist für mich und mein späteres Berufs- und Arbeitsleben nicht relevant.“ (TN HJ1963, Gruppe MAN, w)

> „Technikbewertung finde ich persönlich für den Alltag nicht nützlich. Ich finde nur, dass das Wissen nützlich ist, wenn man sich auch beruflich mit Technikbewertung auseinander setzt.“ (TN AR241091, Gruppe MAN, w)

Resümee: Unter der Kategorie „Alltagsbezug“ wurden Einschätzungen der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer subsumiert, in denen sie sich entweder direkt zum vorgegebenen Begriff „Alltag“ äußerten oder grundsätzlich die praktische Anwendbarkeit, Nutzung oder Übertragbarkeit des Wissens in einen konkreten Lebensbereich thematisierten. Entsprechende Äußerungen überschneiden sich daher häufig mit Codings zur Kategorie „Transfer“. Quantitativ wie qualitativ lassen sich keine größeren Unterschiede zwischen den Mediennutzungsgruppen feststellen.
Der Alltagsbezug der Inhalte wird in den Äußerungen recht eng ausgelegt und hauptsächlich auf die Handlungsbereiche Energienutzung und Heizen im eigenen Zuhause oder Hausbau bezogen. Von geringerer Bedeutung für den Alltag scheinen den teilnehmenden Studierenden dagegen informations- und kommunikationstechnische Inhalte zu sein. Zumindest legen das die quantitativen Analysen der Codings, die Auszählung von Worthäufigkeiten und auch die direkte Sichtung der Statements nahe.

8.6.2.2.4 Lehrer für Wirtschaft und Beruf

Quantitative Häufigkeitsanalyse: Mit insgesamt 488 Marker weisen die Äußerungen zum Begriff „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ den höchsten Wert im Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ auf. Vergleicht man die Frequenz der Codings für diese Kategorie zwischen den beiden Gruppen mit unterschiedlicher medialer Behandlung, lassen sich keine ausgeprägten Unterschiede feststellen (s. Tab. 8.75). Zwar kann bei der Kategorie „Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch“ ein leichter prozentualer Vorsprung innerhalb der Simulationsgruppe konstatiert werden, bei den anderen Ausprägungen stellen sich die Werte jedoch relativ ähnlich dar. Festgehalten werden kann, dass der überwiegende Teil der Studierenden eine Relevanz der in den Lerneinheiten thematisierten Inhalte für Schule, Unterricht und damit für das eigene berufliche Handeln erkennen kann.
Bei der Analyse der Werte im Hinblick auf geschlechtliche Unterschiede lassen sich mit Ausnahme der Männer in der Manualgruppe keine größeren Differenzen ausmachen. Die Einschätzungen dieser Gruppe erweisen sich als etwas verhaltener als die der männlichen Teilnehmer aus der Simulationsgruppe (s. Tab. 8.76).

Tab. 8.75: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen	Arbeit mit Simulationen	Total
Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch	65 (29.4%)	88 (32.6%)	153 (31.4%)
Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	140 (64.2%)	170 (63.0%)	310 (63.5%)
Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule keiner/gering	13 (6.0%)	12 (4.4%)	25 (5.1%)
SUMME	218	270	488 (100%)
N (Dokumente)	37 (43.5%)	48(56.5%)	85 (100%)

Tab. 8.76: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit

	Geschlecht=m und Manuale	Geschlecht=m und Simulationen	Geschlecht=w und Manuale	Geschlecht=w und Simulationen	Total
Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch	12 (26.7%)	43 (33.6%)	53 (30.6%)	45 (31.7%)	153 (31.4%)
Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	32 (71.1%)	78 (60.9%)	108 (62.4%)	92 (64.8%)	310 (63.5%)
Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule keiner/gering	1 (2.2%)	7 (5.5%)	12 (6.9%)	5 (3.5%)	25 (5.1%)
SUMME	45	128	173	142	488 (100%)
N (Dokumente)	11 (12.9%)	21 (24.7%)	26 (30.6%)	27 (31.8%)	85 (100%)

Mit Blick auf die einzelnen Lerneinheiten lässt sich feststellen, dass die Codings für die Urteile auf mittlerem Niveau prozentual selten stark differieren. Einschließlich der 7. Lerneinheit sind Aussagen auf Niveau 1 („Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch“) in der Simulationsgruppe verhältnismäßig etwas häufiger anzutreffen. Bei den restlichen Lerneinheiten liegen die Anteile auf diesem Niveau dann jedoch nicht weit auseinander.
Interessant sind wiederum die Zahlen zur Lerneinheit Technikbewertung. Hier haben etliche Beteiligte anscheinend Probleme, einen Bezug zu Schule und Unterricht herzustellen (s. Tab. 8.77).

Tab. 8.77: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit

	Arbeit mit Manualen Anzahl der Codings in Zeilenprozent			Arbeit mit Simulationen Anzahl der Codings in Zeilenprozent		
	Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule keiner/gering	Bezug/Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule hoch	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule gegeben	Bezug/ Bedeutung zum/für Fachunterricht/Schule keiner/gering
1 Geschichte der Technik Beispiel Heiztechnik	20	80	0	29	71	0
2 Geschichte der Technik Beispiel Arbeitsmaschinen Wasserkraft	9	91	0	36	57	7
3 Systematik der Technik am Beispiel einer Hausheizung	23	62	15	29	71	0
4 Kategorie: Stoff Baustoffauswahl für Haus	10	90	0	20	80	0
5 Kategorie: Energie Energiebereitstellung für Dorf	37	63	0	40	60	0
6 Kategorie: Information Übertragungsverfahren	11	72	17	36	55	9
7 Produktentstehung Beispiel Fertigungsverfahren Kücheneinrichtung	30	56	15	34	62	3
8 Energietechnik Stromverbrauchsmessung	35	60	5	29	67	4
9 Produktionstechnik CNC-Simulation	55	35	10	39	57	4
10 Kommunikations- und Informationstechnik Graf. Programmieren	56	44	0	46	50	4
11 Technikbewertung Werte und Ihre Gewichtung	32	63	5	11	63	26
12 Technikdidaktische Grundlagen Simulationen	26	74	0	32	68	0

Qualitative Analyse: Die Äußerungen der Studienteilnehmer/innen die unter dem Label „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ codiert wurden, bezogen sich entweder direkt auf das Stichwort oder beinhalteten Aussagen zu folgenden drei Punkten: Die Bedeutsamkeit des Wissens für die Arbeit als Lehrer/in für Wirtschaft und Beruf, die Relevanz des Wissens für das Leben und die berufliche Zukunft der Schülerinnen und Schüler sowie die Integrierbarkeit der App in den Unterricht. Nachfolgend zwei Beispiele zur Reflexion der Inhalte als Professionswissen:

> „Gerade das Wissen um technische Prozess und Entwicklungen ist für mich als angehende Wirtschaft-und-Beruf-Lehrkraft wichtig, da sich dadurch Rückschlüsse auf die Arbeitswelt von Morgen ziehen lassen und ich die Schüler dahingehend in ihrer Erstberufswahl beraten und unterstützen muss.“ (TN 8pilger13, Gruppe SIM, m)

„Lehrer für Wirtschaft und Beruf: Als zukünftige AWT-Lehrerin ist es für mich besonders wichtig in diesem Thema kompetent zu sein, gerade deswegen, weil ich Schüler unterrichten werde, die in der „Generation Z“ aufwachsen und damit von klein auf mit informationsbasierter Technik konfrontiert sind.“ (TN Sabrina, Gruppe MAN, w)

Energiethemen spielen auch bei dieser Kategorie für die Studienteilnehmer wieder eine wichtige Rolle: Ein Beispiel dafür liefert TN bert86 (Gruppe SIM, m):

„Energietechnik, Umweltschutz, Entwicklung und Forschung in diesen Bereichen sind ganz große Arbeitsfelder, die auch immer mehr an Wichtigkeit gewinnen → ein essentielles Thema für die Schule. Transfer und fächerübergreifendes Unterrichten ist auch hier wieder sehr gut möglich (PCB, GSE) hingewiesen.“

Im Vergleich zu den Einschätzungen zum Stichwort „Technikzentrierte Gesellschaft“ oder „Alltag“ erfahren die Lerneinheiten mit informations- bzw. kommunikationstechnischen Inhalten seitens der Studierenden innerhalb der bei dieser Kategorie codierten Textstellen eine eindeutige Aufwertung. Das lässt sich u.a. an der Häufigkeit einzelner Begriffe nachweisen: Wörter mit dem Bestandteil „energ(ie)“ als auch Wörter mit dem Bestandteil „programm(ier)“ kommen mit über 70 Nennungen etwa gleich oft vor. Die informationstechnischen Inhalte werden als wichtiger Qualifikationsbaustein für den Lehrerberuf gesehen. TN RH1953 (Gruppe MAN, w) beispielsweise beurteilt die CNC-Aufgabenstellung aus Lerneinheit 9 unter Relevanzgesichtspunkten für die Schüler/innen und im Hinblick auf das eigene Professionswissen:

„In der Schule können solche theoretischen Grundlagen durchgeführt werden. Die SuS sollte jedoch nicht wie unsere Gruppe die Arbeit nur in Papierform haben, da es nicht dem eigentlichen Programmieren entspricht. Für mich als angehende Lehrerin, halte ich es für wichtig, dass ich das Wissen habe, auch solche Bereiche abzudecken.“

TN bert86 (m) aus der Simulationsgruppe zur selben Lerneinheit:

„Das Arbeiten mit und Programmieren von CNC-Anlagen ist in der heutigen Wirtschaft ein weit verbreitetes und oft genutztes Verfahren, mit dem viele Schüler, welche in die Industrie gehen wollen konfrontiert sein werden. Die Heranführung über eine Simulation, welche die einzelnen Programmiercodes automatisch generiert ist eine gute Veranschaulichung der Verfahrensweise. Die nötige Mathematik beschränkt sich hierbei auf Grundrechenarten und Raumgeometrie, wobei vor allem letztere nachweislich lernfördernd für Schüler ist, und zwar in allen Wissensbereichen. Insgesamt eine gute Einsatzmöglichkeit für den Einsatz speziell im Mittelschulunterricht.“

TN SLS8640 (Gruppe MAN, m) bemerkt zur Lerneinheit 10 mit der grafischen Programmieraufgabe:

„Persönlich finde ich, dass zukunftsweisende Technologien immer in der Schule besprochen werden sollten, da diese das zukünftige Leben von Schülerinnen und Schülern in großem Maße beeinflussen werden. Insbesondere bei der Berufswahl sollten diese Entwicklungen in Betracht gezogen werden, da es schon heute mehr oder weniger zukunftsträchtige Berufe gibt. Weiterhin ist es wichtig bei technischen Trends „am Ball“ zu bleiben, sowie Entwicklungen zu hinterfragen und durchaus auch kritisch an neue Entwicklungen heranzutreten.“

TN mgs13389 (Gruppe SIM, w) zur selben Lerneinheit:

„In Zukunft wird durch den hohen Technisierungsgrad immer noch mehr zu Programmieren sein. Dies bedeutet, dass neue Berufe hinzukommen und überall verstärkt die Programmiertechnik eingesetzt wird und dies auch erlernt werden muss. Somit ist es ein großes Anliegen bereits in der Schule darauf aufmerksam zu machen und so gut wie möglich den Schülern einen Einblick in die Programmiersprache zu geben.“

TN SJ1965 (Gruppe SIM, w):

„Das angeeignete Wissen kann natürlich für eine weitere Nutzung mit dieser Software angewandt werden. Gerade im Schulalltag könnte diese Software ein gutes Hilfsmittel und Zugang zum Thema des Programmierens sein. Hier kann den Schülern und Schülerinnen mit Spaß und Freude die Möglichkeit gegeben werden kleine Animationen zu programmieren, ohne zu tief in dieses komplexe Thema der Programmierung einsteigen zu müssen.
Ich denke ich werde dieses Programm im späteren Beruf mit der Klasse anwenden. Ich habe selbst festgestellt, wie viel Arbeit hinter kleinsten Bewegungen der Animation notwendig sind, gerade in einer technikzentrierten Gesellschaft wird der Aufwand dahinter kaum bis gar nicht mehr beachtet oder geschätzt und kann durch eine eigene Programmierung verdeutlicht werden.“

Die wenigen verhaltenen Statements zur Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ auf Niveau 3 werden vor allem mit der Komplexität der Inhalte begründet, wobei überwiegend aus

Sicht der Schülerinnen und Schüler argumentiert. Selten wird dagegen mangelnde eigene Kompetenz angeführt, wie bei TN SS1961 (Gruppe MAN, w) zu Lerneinheit 9 Produktionstechnik mit der CNC-Simulation:

> „Die Aufgaben zur Lehreinheit sind sehr spezifiziert. Da ich mich in diesem Bereich zu wenig auskenne, werde ich es im Unterricht nicht verwerten können."

Resümee: Codiert wurden bei dieser Kategorie Einschätzungen der Studierenden zur Bedeutung des jeweiligen Themas für ihre zukünftige Arbeit als Lehrerin oder Lehrer sowie Äußerungen zur Bedeutung des Themas bzw. der medialen Elemente für die Schülerinnen und Schüler. Bei nur leichten Abweichungen der Codinghäufigkeiten zwischen den Gruppen, weisen die Zahlen insgesamt auf eine breite Zustimmung zu Nutzen und Verwertbarkeit des mit den medialen Elementen transportierten Wissens hin. Die Urteile in der Manualgruppe beziehen sich dabei fast ausnahmslos auf die Inhalte selbst, denen alles in allem eine wichtige Rolle für Schule und Unterricht zugebilligt wird. In der Simulationsgruppe wird zudem häufig über die Eignung der Apps für Lehrer und Schüler befunden. Insgesamt gesehen sind die Äußerungen der Studierenden aus der Simulationsgruppe etwas intensiver auf Schule und Unterricht ausgerichtet. Entsprechende Begriffe lassen sich dort 272 Mal zählen, in der Manualgruppe gut 208 Mal.

8.6.2.2.5 Zusammenfassung

Die quantitative Analyse der codierten Segmente zur Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens" offenbart, dass die an der Studie beteiligten Studierenden die Transferfähigkeit der Inhalte, den Gesellschaftsbezug sowie die Bedeutung der Inhalte für ihre Tätigkeit als Lehrende für Wirtschaft und Beruf insgesamt als relativ hoch einschätzen. Das gilt für diese Kategorien quer über alle Lerneinheiten. Sowohl den energie- und informationstechnischen, als auch technikgeschichtlichen Themen wird eine hohe Bedeutung beigemessen. Weniger einheitlich sind dagegen die Zahlen der Codings zum Alltagsbezug. Hier variieren die Urteile stärker als bei den anderen Kategorien. Die Distanz besonders zu Themen, die sich schwerpunktmäßig mit informations- und kommunikationstechnischen Inhalten befassen, schlägt sich dort bei den erhöhten Prozentwerten für die Subkategorie 3 (Alltagsbezug fraglich/ keiner/ gering) nieder.
Im direkten Vergleich der Mediennutzungsgruppen fallen die Einschätzungen der Studienteilnehmer aus der Simulationsgruppe etwas positiver aus. Eine Ausnahme bilden die der Kategorie „Technikorientierte Gesellschaft" zugeordneten Äußerungen. Die Unterschiede der Gruppen zwischen den prozentualen Anteilen an den Subkategorien sind jedoch weniger stark ausgeprägt als bei den Urteilen zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses".
Nimmt man die generelle Anzahl der codierten Wörter zur Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens" erweisen sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der Simulationsgruppe mit 255 Wörtern im Durchschnitt zudem etwas mitteilsamer als diejenigen aus der Manualgruppe mit 227 Wörtern.
Ähnlich wie bei den Rückmeldungen zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses" kommen auch bei den Einschätzungen zum Nutzen und zur Verwertbarkeit der Inhalte verschiedene Blickwinkel und Perspektiven der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer zum Tragen. Äußerungen zum Transfer sind in der Manualgruppe oft mit dem Aspekt Alltagsbezug assoziiert, in der Simulationsgruppe häufiger mit dem Aspekt Lehrer-, Fach-, Unterrichts- oder Schulbezug. Belegen lässt sich das u.a. an der Häufigkeit von Wörtern mit dem Bestandteil „unterricht" oder „schüler". In beiden Fällen kommen entsprechende Begriffe in der Simulationsgruppe fast doppelt so zahlreich vor, wie in der Manualgruppe.
Betrachtet man allein den Bereich der codierten Textstellen zur Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens" dominieren – was Varianz und Häufigkeit einzelner Begriffe anbelangt –

Wörter zu Energiethemen. Entsprechende Äußerungen sind zumeist auch differenzierter als zu anderen Themen. Begriffe aus der Informations- und Kommunikationstechnik sind häufiger in der Simulationsgruppe zu finden, was sich jedoch mit der höheren Zahl an Mitgliedern in dieser Gruppe erklären lässt. Eine Ausnahme bilden Wörter mit dem Bestandteil „programmier“, die mit 96 Nennungen in der Simulationsgruppe über dreimal so häufig vorkommen, wie in der Vergleichsgruppe.
Im Vergleich zur Auswertung der Codings bei den Kategorien „Technikzentrierte Gesellschaft“ und „Alltag“ ergibt die Analyse der Äußerungen zur Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ eine deutlichere Akzeptanz für informations- und kommunikationstechnische Inhalte. Sie werden als notwendiges Hintergrundwissen für den Lehrerberuf, aber auch als wichtiger Lerninhalt im Rahmen des Unterrichts betrachtet. Auffällig ist, dass sich trotz der inhaltlichen Relevanz von Themen im Kurs aus den Bereichen Produktion, Produktionstechnik, Arbeitswelt oder Berufsorientierung unter der Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens“ nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl an entsprechenden Wortnennungen feststellen lässt.
Festgehalten werden kann aufgrund der Wortzählungen und Textvergleiche, dass Urteile und Einschätzungen zur Energietechnik im Vergleich zu solchen zur Informations-, Kommunikations- oder Produktionstechnik analytischer und differenzierter ausfallen. Energiethemen werden mit gesellschaftlicher Relevanz, dem eigenen Alltag und schulischer Bedeutsamkeit in Verbindung gebracht. Themen aus den Bereichen Informations- bzw. Kommunikationstechnik oder Produktionstechnik werden dagegen vorrangig mit der zukünftigen Lehrtätigkeit verknüpft.
Generell – so lässt sich konstatieren – zeigen sich die Studienteilnehmenden überzeugt von der Bedeutung der einzelnen Technikbereiche. Weder die quantitativen noch die qualitativen Daten lassen hier gewichtige Unterschiede aufgrund des Medieneinsatzes erkennen. Die in den Texten grundsätzlich aufscheinenden Meinungen zur Relevanz der Technik unterstreichen das auch schon in der Befragung deutlich gewordene positive Technikbild. Relevanzhorizonte und Sinnsetzungen werden allerdings durchaus nach Lebensbereichen (Transfer-Alltag, Gesellschaft, Beruf als Lehrer) Inhaltsbereichen (Technikgeschichte, Energie-, Produktions- und Kommunikations- und Informationstechnik) und Perspektiven (Technikbetroffener, Lehrer, Schüler) differenziert.

8.6.3 Resümee

Die zu Beginn des Kurses zufällig zwei Mediennutzungsgruppen zugewiesenen Studierenden wurden gebeten, nach jeder der 12 Lerneinheiten des Kurses „Grundlagen der Technik“ ihre Einschätzungen in einer Art Lerntagebuch festzuhalten. Als Anker für entsprechende Aussagen wurde ihnen eine Liste mit nicht verbindlichen Begriffen vorgegeben. Unter der Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ sollten damit motivational-affektive Einschätzungen zur Arbeit mit den jeweiligen Medienelementen und unter der Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ eher kognitiv-evaluative Feststellungen zur Bedeutung der mit diesen Medienelementen transportierten technischen Inhalte angeregt werden.
Die über neunhundert, von den Studierenden erstellten Einzeldokumente wurden in 85 Falldokumenten zusammengeführt. Das Material wurde anschließend gesichtet, bearbeitet und entlang der kategorialen Begriffe probeweise codiert. Dabei konnten pro Kategorie jeweils drei Subkategorien bzw. Ausprägungsgrade definiert werden: Ein oberer Ausprägungsgrad, der Äußerungen mit besonderer Zustimmung zu dieser Kategorie erkennen lässt, ein mittlerer Ausprägungsgrad, dem Voten mit grundsätzlicher oder unspezifischer Zustimmung zugeordnet wurden sowie ein Ausprägungsgrad, der die eher ablehnenden bzw. verhaltenen Urteile repräsentieren sollte. Das gesamte Material wurde dann entlang dieser Subkategorien sowie entlang der thematisch unterschiedlichen Lerneinheiten codiert. Dadurch wurde sowohl eine gruppenbezogene Häufigkeitsanalyse codierter Textsegmente und Begriffe als auch ein direkter Vergleich der durch die Codierung ausgezeichneten Textstellen möglich.

Obwohl Ziel und Funktion der Lerntagebücher erklärt wurden und Kategorien für die Antworten über die Stichwortlisten vorgegeben wurden, zeigen die in den Dokumenten zum Ausdruck kommenden Einschätzungen verschiedene Interpretationsrichtungen. Aufgrund der teils divergierenden Sichtweisen in beiden Rubriken sind die Aussagen nicht durchweg manifeste Indikatoren für die vorgegebenen Kategorien, sondern lassen weitere Deutungen zu. Wertungsurteile zu den einzelnen Kategorien gründen – das offenbaren die teilweise mitgelieferten Erläuterungen – auf unterschiedlichen Rollenperspektiven. Während die Ausführungen bei der Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ hauptsächlich aus der eigenen Lerner- oder Mediennutzungsperspektive und in geringerem Umfang aus Schülersicht bergründet werden, variieren die Rollenperspektiven bei den Codings zur Rubrik „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“. Aufgrund des differierenden Detailgrades der Ausführungen lässt sich das Material allerdings nicht durchgängig nach diesen Rollenzuschreibungen oder Deutungsmustern analysieren.
Die Gegenüberstellung der aus dem Datenmaterial ermittelten prozentualen Häufigkeiten der Codings zu den motivationsbezogenen Kategorien nach Mediennutzungsgruppen ergibt, dass mit Ausnahme der Kategorien „Schwierigkeit“ und „Lernklima“ die Urteile in der Simulationsgruppe insgesamt positiver ausfallen. Relevante Aspekte, an denen Urteile der Angehörigen beider Mediennutzungsgruppen festgemacht werden, betreffen thematische und mediale Aspekte. Während die positiven Urteile in der Manualgruppe oftmals mit dem Alltags- oder Lebensbezug der Themen sowie der Übersichtlichkeit oder Struktur der Materialien in Verbindung gebracht werden, finden sich in der Simulationsgruppe zusätzlich auch Statements, die den interaktiven oder spielerischen Charakter der Apps herausstellen. Das unmittelbare Erleben der eigenen Wirksamkeit scheint eine zusätzliche Motivationsquelle darzustellen.
Ebenfalls etwas positiver zeigen sich die Einschätzungen der Simulationsgruppe bei den eher kognitiven Aspekten, wenngleich die Unterschiede hier eher marginal sind. Die zahlenmäßige Verteilung der Codings lassen sowohl beim Punkt „Gesellschaftsbezug“ als auch bei der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ erkennen, dass die Studienteilnehmer den Inhalten bzw. Aufgabenstellungen ein hohes Maß an Bedeutung zumessen und zwar relativ unabhängig von der Art der Mediennutzung. Beim Alltagsbezug oszillieren die Urteile dagegen deutlicher. Äußerungen zum Transfer sind in der Manualgruppe oft mit dem Aspekt Alltagsbezug assoziiert, in der Simulationsgruppe häufiger mit dem Aspekt Lehrer-, Fach-, Unterrichts- oder Schulbezug. Belegen lässt sich das u.a. an der Häufigkeit von Wörtern mit dem Bestandteil „Unterricht“ oder „Schüler“. In der Simulationsgruppe kommen entsprechende Begriffe fast doppelt so zahlreich vor, wie in der Manualgruppe. Unter der Kategorie Technikzentrierte Gesellschaft wird eher eine globalere Sicht eingenommen. Die Studierenden skizzieren hier die durch Technik verursachten oder beeinflussten Entwicklungen und Probleme. Die Antworten zur Kategorie Alltag beziehen die meisten Studierenden überwiegend auf das enge eigene Handlungsumfeld im Haushalt. Aussagen zur Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ rekurrieren vor allem auf das damit verbundene Professionswissen sowie die Bedeutung der Inhalte für die Schülerinnen und Schüler.
Analysiert man Sprachvarianz und Wortfrequenzen in Abhängigkeit der thematischen Bezüge zeigt sich, dass Themen zu Energie, Energiegewinnung oder -verbrauch seitens der Studierenden sehr differenziert kommentiert werden. Vielfach finden sich in allen Falldokumenten beispielsweise Wörter mit dem Bestandteil „energ(ie)“. Im gesamten Textkorpus lassen sich 49 verschiedene Begriffe mit diesem Bestandteil mit insgesamt 753 Nennungen zählen. Allein das Wort „Energie“ wird 97 Mal verwendet und steht auf Rang 99 aller benutzten Begriffe.
Quer über alle Textdokumente weisen die Äußerungen der Studierenden auch bei Themen zur Informations- und Kommunikationstechnik eine gewisse Varianz auf. So tauchen in allen Falldokumenten etwa 30 Variationen des Begriffs „programmi(eren)“ mit insgesamt 172 Nennungen auf. Allein der Begriff Programmierung liegt mit 60 Nennungen auf Rang 150 aller Worthäufigkeiten und kommt in 25 Dokumenten vor. Die Analyse der Worthäufigkeiten ergibt

9 Variationen mit einem Wortbestandteil der sich auf die Informatik bezieht. Das Wort Informatik selbst kommt jedoch nur einmal vor und belegt damit den Rang 2958 aller Worthäufigkeiten. Auch andere Begriffe aus diesem Kontext werden eher spärlich verwendet, z.B. Digitalisierung mit acht Nennungen (Rang: 837), Kommunikationstechnik mit sechs Nennungen (Rang 1038), Datentechnik und Datenverarbeitung mit jeweils zwei Nennungen (Rang 2082). Datensicherheit mit nur einer Nennung (Rang 2908). In Punkto Differenziertheit erweisen sich die Ausführungen zum Themenkomplex Energie daher grundsätzlich etwas tiefgründiger. Die Statements zu den Themen und Aufgaben aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik bleiben argumentativ dagegen eher bei einer Zustandsbeschreibung bzw. bei der Feststellung allgemeiner Bedeutsamkeit stehen.
Bemerkenswerte Unterschiede zwischen den Geschlechtern lässt die qualitative Analyse weder bei den zur Rubrik „Erleben des Lernprozesses“ codierten Textstellen noch bei den zur Rubrik „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ generierten Codings erkennen.

8.7 Ergebnis- und Methodenreflexion

Ausgangslage: Der Druck auf Schulen, pädagogisch-didaktische Konzepte als Antwort auf die zunehmende Technisierung und Digitalisierung von Alltag und Arbeitswelt zu finden, nimmt zu. Betroffen davon ist auch der Bereich technischer Allgemeinbildung, der immer in Gefahr ist, den Anschluss an die technische Realität zu verlieren. Teilweise Abhilfe verspricht der Einsatz rechnergestützter Medien. Sie gelten als probates Mittel, um Schülerinnen und Schüler mit technischen Entwicklungen vertraut zu machen. In Bezug auf naturwissenschaftlich-technische Phänomene oder Handlungsbereiche wird insbesondere rechnergestützten Simulationen ein besonderes Lernpotenzial zugebilligt. Erwartungen an diese mediale Repräsentationsform sind vor allem mit den Möglichkeiten zum Probehandeln und zur Veranschaulichung verknüpft und beziehen sich auf Zugewinne beim Problemlösen, beim Aufbau konzeptueller Erkenntnisse sowie bei der Förderung von Interesse und Motivation.
Ob rechnergestützte Medien tatsächlich lernförderliche Effekte bewirken, ist eine für die Bildungspraxis relevante Fragestellung. Um hier zu Evidenzen zu kommen, müssen die Beziehungen zwischen Lerngegenstand, Medium und Lerner mit wissenschaftlichen Methoden aufgedeckt werden. Seit rechnergestützte Lernformen zum selbstverständlichen Teil der Bildungslandschaft geworden sind, wird daher versucht, ihnen einen Mehrwert im Vergleich zu klassischen Medienformaten nachzuweisen. Eindeutige Vorteile in Bezug auf den Lernzuwachs bleiben solche Studien jedoch oft schuldig. Noch relativ wenige belastbare Erkenntnisse gibt es zudem über die motivationalen Aspekte des Lernens mit rechnergestützten Medien. Die vorliegende Studie hat es sich zum Ziel gesetzt, einen Beitrag zur Erhellung dieses Bereichs zu leisten. Konkret geht es um mögliche Effekte rechnergestützter Simulationseinheiten auf technikbezogene Selbsteinschätzungen.

Grundlage Selbstkonzept: Den Wirkzusammenhang zwischen bestimmten medialen Angeboten und den domänenspezifischen Selbsteinschätzungen zu untersuchen, ist für Disziplinen wie die Arbeitslehredidaktik, die Technikdidaktik oder auch die Berufswahlforschung bedeutsam. Zu den individuellen Voraussetzungen für die dort intendierten Bildungsziele wie Technikmündigkeit oder Berufswahlreife zählt ja nicht ausschließlich domänenbezogenes Wissen, sondern auch ein auf die eigene Person ausgerichteter Grundstock an technikbezogenen Urteilen und Einstellungen. Wissenschaftlich wird solchen Einstellungen und Selbstbeurteilungen unter verschiedenen Begrifflichkeiten und Konstrukten wie Selbstwirksamkeit (*self efficacy*), Selbsteinschätzung (*self-esteem*) und Selbstbeurteilung (*self-assessment*) nachgespürt. Generell gelten

die auf eine konkrete Domäne bezogenen Selbsteinschätzungen in der pädagogischen Psychologie als zentrale motivationale Konstrukte und werden teilweise unter dem Begriff Selbstkonzept zusammengefasst. Fachliche Selbstkonzepte zählen mit zu den Größen, die eng mit den im jeweiligen Lernbereich erbrachten Leistungen korrelieren. Ihre Genese vollzieht sich im Kontext unterschiedlicher Einflussgrößen, zu denen u.a. Milieu, Lernerfahrungen oder Kompetenzerleben zählen. Gleichzeitig nehmen Fähigkeitsselbstkonzepte selbst wiederum Einfluss auf verschiedene, leistungsbeeinflussende Aspekte wie Interesse oder Ausdauer. Über die Stabilität von Selbstkonzepten gibt es unterschiedliche Auffassungen. Sie gelten einerseits als relativ stabil, andererseits aber durch entsprechende Lernsettings formbar.

Forschungsfrage und -design*:* Die vielfach konstatierten Vorzüge rechnergestützter Simulationen in Bezug auf motivationale Aspekte des Lernens auf der einen Seite und die Bedeutung positiver Fähigkeitsselbstkonzepte für Lernprozesse auf der anderen Seite waren Anlass für die hier dokumentierte Interventionsstudie. Sie hat es sich zum Ziel gesetzt, die Wirkung technikbezogener Simulationseinheiten auf die Genese des Technikbezogenen Selbstkonzepts zu untersuchen.
Die Studie wurde im Rahmen universitärer Lehre an zwei Hochschulstandorten und in zwei aufeinanderfolgenden Jahren mit Studierenden für ein Lehramt an Mittelschulen durchgeführt. Unter Nutzung eines an der Universität Eichstätt entwickelten Kurses zu den Grundlagen der Technik wurden jeweils zwei Gruppen gebildet, die sich bei gleichen Aufgabenstellungen durch die zur Verfügung gestellten Lernmedien unterschieden. Während eine Gruppe auf rechnergestützte Unterlagen mit simulativen Elementen zugreifen konnte, arbeitete die andere mit statischem Material in Form von Papier-Manualen.
Durch eine standardisierte Vorher-Nachher-Befragung wurden Daten zur Entwicklung des Technikbezogenen Selbstkonzepts erhoben. Über Lerntagebücher wurden subjektive Einschätzungen der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer sowohl zur Arbeit mit den Medienelementen als auch zu den Kursinhalten erfasst.

Ergebnisse der quantitativen Studie: Das für den quantitativen Teil der Untersuchung eingesetzte Instrument zur Messung des Technikbezogenen Selbstkonzepts basiert auf den TSK-Skalen von Janneck, Vincent-Höper, Othersen (2012). Der Fragebogen integriert insgesamt 12 Skalen mit 30 Items zu konativen, motivationalen und kognitiven Technikbezügen und wurde von den Autorinnen an einer Stichprobe von Personen mit überwiegend technischen Berufen validiert.
Ein Vergleich der Skalenmittelwerte der erfassten Lehramtsstudierenden zum Messzeitpunkt A mit den Mittelwerten der Stichprobe von Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) zeigt bei einigen Skalen deutliche Unterschiede. Differenzen zwischen den Studierenden und der TSK-Stichprobe ergeben sich vor allem in Bezug auf technische Handlungserfahrungen, emotionale und interessenbezogene Motivationsbestandteile sowie bei den subjektiv wahrgenommenen Kompetenz- und Selbstwirksamkeitserwartungen. Die Studierenden beurteilen sich bei allen diesen Punkten deutlich zurückhaltender als die Befragten der TSK-Stichprobe. Nahe beieinander liegen die Mittelwerte der Studierenden mit den Angehörigen technischer Berufe aus der TSK-Studie dagegen bei den Skalen zu „Technikbild“, „Strategien“, „Attribution_internal“ und „Anwenden“. Die Mittelwerte der Einschätzungen der Studierenden zu diesen Punkten können daher als bereits hohes Ausgangsniveau interpretiert werden und deuten auf ein insgesamt positives Technikbild hin.
Ein Vergleich der Skalenwerte aus den Befragungen der Studierenden zu beiden Messzeitpunkten im Rahmen der Studie legt den Schluss nahe, dass selbst eine intensive Beschäftigung mit technischen Inhalten im Rahmen einer dreimonatigen Lehrveranstaltung das technikbezogene Selbstkonzept allenfalls in einzelnen Teilbereichen beeinflussen kann. Quer über alle Teilneh-

merinnen und Teilnehmer können weder bei den konativen, noch bei den motivationalen Urteilen größere Tendenzverschiebungen konstatiert werden. Signifikante Veränderungen zeigen allein die Skalen zu kognitiven Technikbezügen. Besonders dort, wo das Anfangsniveau im Vergleich zur TSK-Stichprobe stark abwich, nämlich bei der Einschätzung von Technikkompetenz und Selbstwirksamkeitserwartungen, gibt es Bewegung nach oben. Die Effektstärken bleiben aber auch hier moderat.

Die aus verschiedenen anderen Untersuchungen bekannten geschlechtsbezogenen Unterschiede bei den technikbezogenen Einstellungen können zumindest zu Beginn der Studie für die an der Untersuchung beteiligten Studierenden nicht bestätigt werden. Allein bei der Skala Affekt („Spass bzw. Faszination mit Technik“) lässt sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Frauen und Männern feststellen. Statistisch relevante Differenzen zwischen den Geschlechtergruppen lassen sich allerdings zum Messzeitpunkt B, also am Ende der Studie, registrieren. Die Signifikanzprüfung der Daten ergibt, dass sich Unterschiede bei den Skalen für Erfahrung, Affekt, Verstehen und Attribution external kaum durch Zufall erklären lassen. Dies legt die Vermutung nahe, dass sich die technikbezogenen Selbsteinstellungen der männlichen Teilnehmer durch eine Beschäftigung mit den Kursinhalten eher verändert haben, als diejenigen der Frauen.

Die Einschätzungen der männlichen Studierenden sind es auch, die bezogen auf die Forschungshypothese – also die Wirkung der Arbeit mit den simulativen Elementen – etwas mehr Bewegung bei den zentralen Tendenzen zeigen. Während bei den Frauen in der Simulationsgruppe keinerlei überzufällige Verschiebungen der Daten festgestellt werden können, beurteilen sich die Männer in dieser Mediennutzungsgruppe am Ende des Semesters mit einem statistisch signifikanten Zuwachs an Kompetenz und Selbstwirksamkeitserwartung. Bewegung mit einem erhöhtem Effektstärkemaß lassen die Werte auch bei der Skala Verstehen erkennen („Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt“) – statistisch kann jedoch die Nullhypothese hier nicht verworfen werden.

Insgesamt gesehen ergibt die Datenanalyse der Vorher-Nachher Messung, dass die Wahrscheinlichkeit, der Nullhypothese zu entsprechen, bei den Veränderungen der meisten Skalenwerte relativ hoch ist. Die Ursachen dafür, dass sich die Skalenwerte mit den Items zur Erfahrung mit Technik in der Vergangenheit (konative Technikbezüge) kaum verändert haben, könnten in der kurzen Zeitspanne bzw. im Umfang des Treatments liegen. Anders liegt der Fall wohl bei den Skalen zu Strategien („Ich habe keine Scheu davor, neue technische Geräte einfach auszuprobieren“) und Technikbild (u.a. „Ich bin der Meinung, dass die positiven Auswirkungen technologischer Entwicklungen überwiegen“). Angesichts der bereits relativ hohen Anfangswerte war eine deutliche Veränderung bei diesen Aspekten kaum zu erwarten. Dass die Daten sowohl bei den emotionalen, als auch bei den interessenbezogenen Aspekten der Motivation in beiden Mediennutzungsgruppen statistisch gesehen wenig Veränderungen zeigen, spricht jedoch kaum für motivationale Vorteile einer bestimmten Mediennutzungsart. Vorsichtig gefolgert werden kann aus dem quantitativen Teil der Untersuchung zu Veränderungen des technikbezogenen Selbstkonzepts bei den an der Studie teilnehmenden Studierenden daher, dass

- die Nutzung einer bestimmten Medienart rein statistisch kaum zu relevanten Veränderungen bei den Erfahrungseinschätzungen und motivationalen Urteilen des Technikbezogenen Selbstkonzept führt,
- bei den kognitiven Bezügen des technikbezogenen Selbstkonzepts vor allem Kompetenzeinschätzungen und Selbstwirksamkeitserwartungen durch derartige Lernprozesse günstig beeinflusst werden, die Mediennutzungsart dabei aber keinen Unterschied macht,
- sich die Selbstkonzeptbestandteile der männlichen Teilnehmer insgesamt als etwas formbarer erweisen und
- die männlichen Teilnehmer anscheinend auch eher vom Einsatz rechnergestützter Simulationen profitieren.

Quantitative Studie – Methodenreflexion: Die TSK-Skalen von Janneck, Vincent-Höper und Othersen (2012) sind im Vergleich zu anderen Instrumenten sehr differenziert und versprechen somit eine der Komplexität individueller Selbstüberzeugungen angemessene Bestandsaufnahme. Allerdings erschweren sowohl der Skalenumfang als auch die in vergleichbaren Studien wenig einheitlich behandelte inhaltliche Deutung der einzelnen Konstrukte eine Einordnung in die bestehende Befundlage.

Die relativ geringen Bewegungen bei den zentralen Tendenzen der Skalen führen zur Frage, inwiefern das gewählte Erhebungsinstrument bzw. das quantitative Studiendesign für die Messung einer Selbstkonzeptveränderung überhaupt geeignet waren. Nachdem die Konstrukt- und Kriteriumsvalidität des Erhebungsinstrumentes von Janneck, Vincent-Höper & Othersen (2012) als zufriedenstellend bezeichnet wird, richtet sich der Blick auf das Studiendesign und die mögliche Wirkung verschiedener Störgrößen.

Obwohl versucht wurde, die Rahmenbedingungen für die Studie soweit als möglich im Sinne interner Validität zu optimieren, ist eine Verfälschung der Ergebnisse durch einzelne Faktoren nicht auszuschließen. Nach Campbell und Stanley (1970) ist von verschiedenen Störfaktoren auszugehen, die zur Beeinträchtigung der internen Validität einer Untersuchung führen können. Zu Ergebnisverzerrungen kann beispielsweise beitragen, wenn zwischen zwei Erhebungen Ereignisse liegen, die mit der Intervention selbst nichts zu tun haben, aber die zu messende abhängige Variable beeinflussen. In Anbetracht der zwischen den beiden Befragungen liegenden Zeitspanne von drei Monaten ist es durchaus denkbar, dass die Studierenden in dieser Zeit andere mediale Erfahrungen oder Erlebnisse in Zusammenhang mit Technik oder Technologien hatten. Solche Ereignisse können sich auf das Technikbezogene Selbstkonzept bzw. die damit umschriebenen Bestandteile auswirken. Gerade wegen der Zeitspanne dürften derartige Einflüsse allerdings einen Großteil der Versuchsteilnehmer betreffen und sich daher im Effekt nivellieren. Als weitere Beeinflussungsgröße gelten Lerneffekte im Umgang mit Fragebögen. In Folge des zeitlichen Abstandes zwischen den Befragungen sollten solche Effekte jedoch kaum zum Tragen gekommen sein. Falls es trotzdem zu Erinnerungen an einzelne Items aus dem Test gekommen sein sollte, wird angenommen, dass diese Störvariable beide Gruppen gleichermaßen betrifft.

In beiden zu Beginn des Semesters ausgelosten Gruppen verließ ein Teil der zu Beginn des Kurses anwesenden Studierenden den Kurs bzw. nahm nicht mehr an der Posttest-Messung teil. Dieser Verlust an Versuchspersonen war in der Manual-Gruppe deutlich ausgeprägter. Ob der Schwund mit dem so genannten Verliererreffekt zusammenhängt, der durch eine vermeintliche Schlechterstellung einer Gruppe in einem Experiment auftreten kann, konnte nicht eruiert werden (vgl. Häder 2010, S. 345). Wahrscheinlicher ist jedoch eine Verkettung von anderen Gründen (z.B. Parallelkurse, sowie parallel zur Messung am Ende des Semesters stattfindende Klausuren). Bei der Auswertung der Vorher-Nachher-Befragung wurden nur die Studierenden berücksichtigt, die dem Kurs maximal dreimal fernblieben. Zu Verfälschungen der Ergebnisse beigetragen haben könnten indes die Urteile einiger weniger Studierende, die aufgrund von Kursüberschneidungen nicht immer die volle Zeit anwesend sein konnten. Da diese Zahl aufgrund paralleler Blockveranstaltungen variierte, wurden die entsprechenden Studierenden nicht aus der Stichprobe entfernt.

Für eine weitere Ergebnisverzerrung verantwortlich sein könnte zudem der Grad an Kollaboration der Gruppenmitglieder während der Bearbeitung der Aufgaben bzw. der Nutzung der verschiedenen Lernmaterialien. Allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern an der Studie wurde ein eigener Arbeitsplatz mit Computer zur Verfügung gestellt. Dieser sollte in der Simulationsgruppe zur Aufgabenlösung und zum Einstellen der Lerntagebücher, in der Manualgruppe nur zum Einstellen der Lerntagebücher genutzt werden. Aus organisatorischen Gründen wurde eine Zusammenarbeit der Studierenden in keiner der Gruppen jedoch ausdrücklich ausgeschlossen. Im Verlauf der Untersuchung zeigt sich, dass die Angehörigen der Manualgruppe ausgeprägter miteinander kommunizierten und auch zusammenarbeiteten. Die Arbeit am Computer führte

dagegen in der Simulationsgruppe eher zu Einzelarbeit. Kommunikation und Kollaboration mit den Mitstudierenden waren damit wesentlich weniger stark ausgeprägt als in der Vergleichsgruppe. In ähnlich angelegten Studien sollte die Zusammenarbeit als unabhängige Variable erfasst und so ggf. auch durch gezielte Hinweise bei der Aufgabenstellung besser kontrolliert werden (vgl. Varnai & Reinhold 2006).
Nicht ausgeschlossen werden können zudem intervenierende Einflüsse auf das Ergebnis des Posttests, die sich durch die zeitliche Lage in der letzten Woche des Semesters ergaben. Das Semesterende ist in der Regel für die einzelnen Studierenden mit einer Reihe von Modulabschlussprüfungen belegt. Aufgrund dessen könnte es sein, dass selbstbezogene Einstellungen der Studierenden durch die aktuelle Motivationslage oder durch Prüfungsängste beeinflusst wurden. Die Fragebogen-Methode hat, so Mummendey (2006, S. 239), zudem das grundsätzliche Problem, dass die Befragten ihr Selbstbild im Sinne einer erwarteten sozialen Angemessenheit beschönigen. Diese Reaktionstendenz zur sozialen Erwünschtheit kann bei den beteiligten Studierenden nicht ausgeschlossen werden.
Dass quer über die verschiedenen Skalen wenig statistisch signifikante Änderungen festgestellt werden konnten, könnte letztlich auch damit zusammenhängen, dass standardisierte Befragungen generell ein unzureichendes Mittel darstellen, um Veränderungen der das Selbstkonzept prägenden Schemata abzubilden. Fachbezogene Selbstkonzepte werden in der Literatur generell als relativ stabil charakterisiert, sind also das Resultat längerfristiger Entwicklungsprozesse. Kleinere Veränderungen fallen somit wenig auf. Mit Blick auf nachhaltig angelegte Bildungs- und Erziehungsprozesse sind jedoch auch kleinere Veränderungen relevant und wünschenswert (vgl. Rahn, Hartkopf & Buch 2017, S. 95). Die mit der quantitativen Untersuchung verbundene binäre Betrachtungsweise (signifikant - nicht signifikant) lässt sich in Bezug auf die Entwicklung von Selbstkonzeptkonstrukten daher durchaus kritisch sehen. Mummendey (2006, S. 213) plädiert in ähnlichem Zusammenhang dafür, bei der Messung von Selbstkonzepten nicht hinter mühsam etablierte methodologische Standards zurückzufallen, räumt aber ein, dass mit der Einhaltung dieser Standards zugleich Einengungen verbunden sind. Mit Verweis auf Gergen (1984) sind für entsprechende Untersuchungen daher auch andere Verfahren als geeignet zu bezeichnen. Dazu zählen beispielsweise narrative Verfahren, die mit einer systematischen Berücksichtigung von Selbstgesprächen oder Selbstbeschreibungen arbeiten.

Ergebnisse der qualitativen Studie: Mit der Integration von Lerntagebüchern in den Forschungsprozess war die Absicht verbunden, subjektive Beurteilungen der Mediennutzerinnen und Mediennutzer in enger zeitlicher Nähe zur Arbeit mit den verschiedenen Lernmaterialien zu gewinnen. Die Studierenden wurden gebeten, nach jeder Lerneinheit zusammen mit fachlichen Aufgabenlösungen Einschätzungen zu zwei medienbezogenen Gesichtspunkten abzugeben. Urteile zum Aspekt „Erleben des Lernprozesses“ sollten vor allem Hinweise auf motivationale bzw. affektive Effekte der Arbeit mit den Medienelementen liefern. Die Aufforderung, Einschätzungen zum Aspekt „Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens“ abzugeben, zielte dagegen darauf ab, Unterschiede zwischen den Mediennutzungsgruppen in den kognitiv-evaluativen Urteilen zur Anwendbarkeit des technischen Wissens aufzuspüren. Für beide Bereiche erhielten die Studierenden eine nicht verbindliche Liste mit Stichwörtern, die sie als Anker für ihre Statements verwenden konnten. Bei den Begriffen zum Aspekt „Erleben des Lernprozesses“ handelt es sich größtenteils um in der Motivationstheorie anerkannte Konstrukte wie Interesse, Motivation, Freude, Schwierigkeit, Lernklima oder Lernerfolg. Zum Punkt „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ wurden die Anker Transfer, Technikzentrierte Gesellschaft, Alltag und Lehrer für Wirtschaft und Beruf vorgegeben. Die Lerntagebücher beider Mediennutzungsgruppen wurden auf der Grundlage eines dreistufigen Systems codiert und konnten damit quantitativ und qualitativ ausgewertet werden.

Der Vergleich der aus dem Datenmaterial ermittelten prozentualen Häufigkeiten der Codings zu den motivationsbezogenen Kategorien nach Mediennutzungsgruppen ergibt, dass mit Ausnahme der Kategorien „Schwierigkeit“ und „Lernklima“ die Urteile in der Simulationsgruppe insgesamt positiver ausfallen. Ein Großteil der Einschätzungen der Studierenden ist relativ prägnant formuliert, so dass sich die Gründe für die Urteilsdistinktion zwischen den Mediennutzungsgruppen nicht immer eindeutig ermitteln lassen. Bei der qualitativen Analyse der umfangreicheren Textstellen zeigt sich, dass Einschätzungen zu den motivationalen Aspekten der Arbeit mit den Medienelementen in beiden Mediennutzungsgruppen häufig mit dem Lebens- oder Alltagsbezug der Themen begründet werden. Urteile werden außerdem an der Qualität der Texte oder Bilder festgemacht. Die Voten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Simulationsgruppe gründen zusätzlich auf den speziellen Möglichkeiten der interaktiven Apps. In Anlehnung an motivationstheoretische Ansätze lässt die Auswertung der Statements den Schluss zu, dass die speziellen Eigenschaften der simulativen Medienelemente Anreiz- und Erlebenspotenziale ermöglichen, die zusätzlich zu inhaltlichen Einstellungs- und Erwartungshorizonten wirken. Die Vermutung liegt nahe, dass diese Motivationszustände in der Anschaulichkeit der simulativen Elemente, ihrem Anregungs- und Spielcharakter sowie ihren Möglichkeiten zum Erleben der Selbstwirksamkeit zu suchen sind.
Neben den positiveren Urteilen zur Arbeit mit den Medien fallen die Einschätzungen der Angehörigen der Simulationsgruppe auch bei den eher kognitiv-evaluativen Urteilen zum Nutzen des präsentierten Wissens etwas günstiger aus. Die Unterschiede sind hier jedoch eher marginal. Die zahlenmäßige Verteilung der Codings lässt sowohl beim Aspekt Gesellschaftsbezug als auch bei der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ erkennen, dass die an der Studie teilnehmenden Studierenden den Inhalten bzw. Aufgabenstellungen ein hohes Maß an Bedeutung zumessen und zwar relativ unabhängig von der Art der Mediennutzung. Beim Alltagsbezug oszillieren die Urteile dagegen deutlicher.
Sowohl bei den Einschätzungen zur Medienarbeit als auch zu den Inhalten werden Relevanzhorizonte und Sinnsetzungen teilweise entlang verschiedener Rollenperspektiven artikuliert. Die unterschiedlichen Umfänge und Qualitäten der Texte lassen eine Nachverfolgung derartiger Rollen nicht zu. Aussagen finden sich jedoch aus Sicht des direkt von der Technik Betroffenen sowie aus Lehrer- und Schülersicht. Erwartungsgemäß spielt der Inhalt bei den Ausführungen eine große Rolle. Die thematischen Schwerpunkte aus den Bereichen Technikgeschichte, Energie-, Produktions- und Kommunikations- und Informationstechnik entfalten ein unterschiedliches Anregungspotenzial. Inwiefern sich Inhaltspräferenzen und Rollenperspektiven gegenseitig moderieren wird nicht deutlich. Bemerkenswerte Geschlechterunterschiede lässt die qualitative Analyse der Texte nicht erkennen.

Qualitative Studie – Methodenreflexion: Methodologisch handelt es sich beim qualitativen Teil der Studie zur Wirkung simulativer Medienelemente ebenfalls um eine Vergleichsstudie. Untersucht wurden die Studierenden eines über ein Semester laufenden universitären Kurses zu den Grundlagen der Technik. Die Studienstichprobe bestand aus Lehramtsstudierenden, die durch Randomisierung jeweils einer Mediennutzungsgruppe zugelost wurden. Nach einer für alle gemeinsam durchgeführten Einführung in verschiedene Technikbereiche bearbeiteten die Gruppen jeweils gleiche Aufgaben, allerdings unter Nutzung verschiedener Mediensettings. Zusätzlich zu den Aufgabenlösungen dokumentierten die Studierenden ihre Einschätzungen zur Arbeit mit den Medienelementen und zum Nutzen des damit erworbenen Wissens in einer Art Lerntagebuch. Nach der Codierung der Statements aus den Lerntagebüchern konnten die zu Gruppen gebündelten Fälle im Hinblick auf spezifische Einschätzungen quantitativ und qualitativ ausgewertet werden. Ein Falldokument umfasst jeweils die gesamten, im Zusammenhang mit den 12 Lerneinheiten von einem Studierenden abgegebenen Urteile. Die zu Beginn des Semesters zwischen Manual- und Simulationsgruppe relativ ausgewogenen Gruppengrößen

veränderten sich im Lauf des Semesters durch Zu- und Abgänge. Dabei überwogen zufallsbedingt die Abgänge in der Manualgruppe. Anders als beim quantitativen Teil der Studie konnten über die Lerntagebücher jedoch auch Daten von Studierenden gewonnen werden, die den Kurs vorzeitig abgebrochen haben.

Validitäts- und Reliabilitätsuntersuchungen bei quantitativen Verfahren zeigen, wie sensibel die Urteile von Zielpersonen auf verschiedene Einflüsse reagieren. Ähnliche Effekte müssen daher auch bei der Beurteilung der Befunde aus qualitativen Verfahren in Betracht gezogen werden (vgl. Häder 2010, S. 267). Bereits die Zulosung zu den beiden Gruppen könnte beispielsweise die Urteile der Studierenden beeinflusst haben. Einige Bemerkungen aus der Manualgruppe lassen solche Effekte zumindest vermuten, weil darin die Abstinenz des vermeintlich motivierenden Stimulus der Arbeit mit den simulativen Medienelementen beklagt wird. Moderierende Effekte sind ferner durch die organisatorischen Abläufe in Betracht zu ziehen. Die Statements der Studierenden mussten in zeitlicher Nähe zu den Kurseinheiten abgegeben werden, nämlich entweder direkt im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung oder spätestens bis zum Ende der jeweiligen Woche. Trotz dieser relativen Nähe zwischen Treatment und Urteil, kann ein Einfluss von zwischenzeitlich erlebten Ereignissen bzw. Erfahrungen auf die retrospektiven Handlungsinterpretationen und inhaltlichen Einschätzungen nicht ausgeschlossen werden.

Die bereits angesprochenen Unterschiede in Bezug auf die Kollaboration innerhalb der Mediennutzungsgruppen dürften zumindest partiell Auswirkungen auf Art und Umfang einzelner Urteile gehabt haben. Die Studierenden in der Simulationsgruppe kooperierten deutlich weniger, als diejenigen in der Manualgruppe. Die Zusammenarbeit führte anfangs in einigen der Falldokumenten zu relativ gleichlautenden Einschätzungen. Nach Intervention des Versuchsleiters und der Bitte, die Lerntagebücher möglichst eigenständig zu bearbeiten, konnte das Problem minimiert werden, sollte jedoch in ähnlichen Designs effektiver kontrolliert werden.

Zudem zeigte sich, dass die Studierenden durch die als Hilfestellung gedachte Begriffsliste in den Lerntagebüchern in unterschiedlicher Weise angeregt wurden. Die Intention war, auf diese Weise eine Fokussierung der Äußerungen der Studienteilnehmenden zu erreichen, ohne jedoch den Urteilsraum so weit einzuschränken, wie dies durch eine Vorstrukturierung mit Fragebögen der Fall gewesen wäre. Während die Liste für einen Teil der Studierenden tatsächlich eine Art Initialwirkung entfaltete und Reflexionsvorgänge in Gang setzte, verleitete sie andere Studierende wohl eher zu einem sturen Abarbeiten. Zumindest lässt sich das aus etlichen, nicht weiter kommentierten Kennzeichnungen der Begriffe schließen. Dass damit Dokumente mit stark variierenden Umfängen und Qualitäten entstanden, erschwerte die Identifikation übergreifender Relevanzsysteme oder Antworttypen.

Auch der Umfang der Anker sowie die teils zu geringe Trennschärfe veranlassten etliche Studierende offensichtlich zu relativ gleichlautenden Kommentierungen. Dies führte zu Unsicherheiten der Codierer bei der Deutung der Texte. Die damit erforderlichen Abstimmungsprozesse resultierten teils in aufwändigen Überarbeitungen des Codierungssystems. Letztendlich konnten aber annehmbare Intercodierreliabilitäten erreicht werden. Damit war das Material für quantitative Analysen und qualitative Fallvergleiche zugänglich. Ob mit dieser Übereinstimmung der Kodierer letztlich tatsächlich eine Bedeutungsäquivalenz zu den Studierenden erreicht werden konnte, kann freilich wie bei jeder anderen Methode, die die Sprache als Mittel der Erkenntnis verwendet, nicht hundertprozentig garantiert werden (vgl. Lamnek 2005, S. 118). Denn trotz Vorteile hinsichtlich der Realitätsnähe muss bei der Interpretation der Ergebnisse qualitativer Methoden mit Verzerrungen durch Informationsselektion gerechnet werden (vgl. Meyer 2010, S. 214).

Selbst wenn man alle genannten Einschränkungen in Betracht zieht, sind die durch die Lerntagebücher gewonnenen Erkenntnisse zur Arbeit mit den Medien interessant. Sie zeigen nämlich, dass die motivationalen bzw. emotionalen Urteile der Studierenden in der Simulationsgruppe – mit Ausnahme zweier Kategorien – durchweg günstiger ausfallen. Relevanz gewinnt dieser

Befund vor allem deswegen, weil die Urteile im Vergleich zu den Momentaufnahmen der Fragebogenstudie sowohl zeitlich näher an den medialen Treatments lagen als auch inhaltlich stärker darauf bezogen waren. Berücksichtigt man ferner, dass die Studierenden Einschätzungen in Bezug auf 12 unterschiedliche thematische Einheiten abgeben sollten, erhalten die Ergebnisse zusätzliches Gewicht. Ähnliche Forschungsvorhaben belegen nämlich, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer von Befragungen zur „Technik" mit dem Begriff durchaus einseitige Vorstellungen verbinden (vgl. Güdel 2014, S. 226). Im Vergleich zum Erhebungsinstrument der Vorher-Nachher-Befragung, in dem ebenfalls relativ unspezifisch von „Technik" gesprochen wird, stellen die Urteile aus den Lerntagebüchern dagegen Einschätzungen zu konkreten Technologien oder Technikbereichen dar.
Dass trotz des positiven Lichts, dass die qualitative Auswertung der Statements auf die Arbeit mit simulativen Apps wirft, einfache Kausalattribuierungen in Bezug auf die medialen Wirkungen problematisch sind, zeigt sich an den partiell aufscheinenden unterschiedlichen Relevanzhorizonten und Sinnsetzungen der Statements. Gegen einfache Folgerungen spricht zudem das Auseinanderfallen der Urteile zu den Punkten „Interesse" und „Motivation". Das Interesse an der „Sache" oder Thematik einerseits und die eigentliche Lernhandlung andererseits können durchaus ein unterschiedliches Anreizpotenzial aufweisen. Dass Motivation außerdem noch unabhängig von der Lernhandlung durch Gefühls- und Stimmungslagen beeinflusst wird, erschwert valide Aussagen zur motivationalen Wirksamkeit des Medieneinsatzes zusätzlich. Trotz dieser Einschränkungen bleibt festzuhalten, dass sich der Einsatz simulativer Elemente anscheinend günstig auf motivationale Aspekte des Lernens auswirkt. Die Antwort auf die Frage, ob sich durch den Einsatz simulativer Elemente auch das domänenspezifische Selbstkonzept in eine, für technische Bildungsprozesse günstige Richtung entwickeln lässt, muss in der Zusammenschau mit den Ergebnissen der Vorher-Nachher Messung allerdings offenbleiben.

Einordnung der Ergebnisse und Folgerungen: Ausgangspunkt der hier dokumentierten Untersuchung war die Annahme, dass der längerfristige Einsatz simulativer Elemente in technikbezogenen Lernsituationen Anreize bietet, die letztlich auch positive Auswirkungen auf das technikbezogene Selbstkonzept haben. Die konzeptionelle Grundlage für das fokussierte domänenspezifische Selbstkonzept bildet das Drei-Komponenten-Modell von Rosenberg und Hovland (1960, S. 3). Nach diesem Ansatz lassen sich dem Selbstkonzept konative, motivationale und kognitive Aspekte zuordnen. Das technikbezogene Selbstkonzept kann daher als Konglomerat verschiedener Teilbereiche betrachtet werden, für die Janneck, Vincent-Höper & Othersen (2012) einen Fragebogen mit 12 Skalen entwickelt haben, der als Messinstrument in der Studie zum Einsatz kam.
Um der Wirkung der Simulationen auf die Selbstkonzeptbestandteile nachzuspüren, wurden im Rahmen eines Pre-Posttest-Designs Daten von Teilnehmerinnen und Teilnehmern eines universitären Kurses zu Grundlagen der Technik erhoben. In dem thematisch auf unterschiedliche Technikbereiche ausgerichteten Kurs bearbeitete eine Studierendengruppe jede Woche Aufgaben mittels rechnergestützter Lernmaterialien und interaktiver Simulationen, eine andere mittels Papiermanualen. Die Studierenden wurden zu Beginn und Ende des Semesters befragt und erstellten kursbegleitend Lerntagebücher.
Aufgrund der quantitativ gewonnenen Daten lassen sich die Studierenden als Personen charakterisieren, die sich gegenüber der Technik grundsätzlich aufgeschlossen zeigen. Sie attestieren sich wenig Scheu im Umgang mit Technik (Med_A/ Med_B = 4.0) und besitzen zu einem großen Teil ein relativ positives Technikbild (Med_A/ Med_B = 3.67). Dies bestätigt die Befunde ähnlicher Untersuchungen zur Technikaffinität junger Menschen (u.a. Güdel 2014, S. 232; Jakobs, Schindler & Straetmans 2005). Weniger ausgeprägt und im Verhältnis beispielsweise zu den Lagemaßen einer Stichprobe mit Personen aus überwiegend technischen Bereichen deutlich geringer (TSK-Stichprobe, s. Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012) fallen die Werte zum

Messzeitpunkt A zu erfahrungsbezogenen und motivationalen Technikbezügen sowie zu individuellen Kompetenz- und Selbstwirksamkeitserwartungen aus.
Der Vergleich der Werte aus der Vorher-Nachher Messung lässt erkennen, dass sich die Einschätzungen der Studierenden sowohl zu Technikerfahrungen als auch zu den motivationalen Technikbezügen kaum verändern. Für signifikante Veränderungen der individuellen Einschätzungen zur Erfahrung ist vermutlich der Interventionszeitraum zu kurz gewählt. Die im Vergleich beider Messzeitpunkte geringen Bewegungen in den Tendenzen der Skalen zu motivationalen Technikbezügen zeigen Parallelen zu vorhandenen Befundlagen. Denn wie sich in vergleichbaren Studien herausstellte, scheinen besonders Jugendliche trotz der grundsätzlich geäußerten Technikaffinität Technik emotional nur selten mit Faszination und Spaß und inhaltlich nur eingeschränkt mit Interesse zu begegnen (Jakobs, Schindler & Straetmans 2005; Jakobs & Ziefle 2009; Acatech/ VDI 2009). An dieser grundsätzlichen motivationalen Konstellation kann offensichtlich auch die wiederkehrende Beschäftigung mit simulativen Apps wenig verändern. Dass das technikbezogene Selbstkonzept von solchen längerfristigen Lernprozessen jedoch nicht gänzlich unberührt bleibt, zeigen die statistisch relevanten Veränderungen der Studierenden bei den individuellen Kompetenzerwartungen (Z = 3.402, p= .001, n=75, r=.393) und Selbstwirksamkeitserwartungen (Z = 2.569, p= .01, n=75, r=.297). Die Veränderungen betreffen alle Studienteilnehmenden gleichermaßen, also unabhängig von der Art der Mediennutzung und haben Entsprechungen in ähnlichen Untersuchungen (z.B. Plass et al. 2009; Güdel 2014).
Mit Blick auf die relevante Fragestellung der Wirkung simulativer Elemente auf technikbezogene Einstellungen ergeben sich aus dem quantitativen Teil der Studie keine, von anderen Untersuchungen radikal abweichenden neuen Erkenntnisse. Es zeigt sich vielmehr, dass die Beeinflussung motivationaler Aspekte durch den Einsatz von Medien durchaus eine didaktische Herausforderung darstellt (vgl. Adams et al. 2008).
Für die zentrale Hypothese, dass der Einsatz simulativer Medienelemente im Vergleich zur Arbeit mit den statischen Lernmaterialien zu deutlichen Veränderungen bei den Skalen des Technikbezogenen Selbstkonzepts führt, liefern die Daten aus der Vorher-Nachher Messung nur wenig Anhaltspunkte. Sowohl die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Simulations-, als auch in der Manualgruppe weisen sich am Ende des Kurses einen statistisch relevanten Zuwachs an Kompetenzerleben zu. Etwas mehr Bewegung zeigen die Daten der männlichen Studierenden, die offensichtlich sowohl insgesamt als auch in der Simulationsgruppe von der Arbeit mit den jeweiligen Medien profitieren konnten.
Insgesamt gesehen deuten die Ergebnisse der quantitativ angelegten Befragung auf eine relative Beständigkeit dieses Selbstkonzeptbereichs hin, was im Großen und Ganzen wissenschaftlich gefestigten Erkenntnissen entspricht (vgl. Jakobs & Ziefle 2009, S. 126). Denn wenn auch die Frage des Beharrungsvermögens von Selbstkonzepten noch nicht abschließend geklärt ist, wird doch generell von einer gewissen Stabilität ausgegangen (vgl. Möller & Trautwein 2015, S. 185f.; Moschner & Dickhäuser 2018, S. 750).
Die wenig klaren Ergebnisse der Vorher-Nachher Messung könnten jedoch auch an der Art der Erhebung liegen. Denn die Befragungsergebnisse zu beiden Messzeitpunkten stellen Momentaufnahmen dar, die möglicherweise die subjektiven Einschätzungen der Studierenden nur unzureichend aufnehmen und abbilden können.
Näher an den tatsächlichen subjektiven Befundlagen der Studierenden sind eventuell die Lerntagebücher, die von den Gruppen nach jeder Lerneinheit angefertigt werden sollten. Mit ihnen konnten retrospektivische Einschätzungen zu Motivationszuständen bzw. affektiven Reaktionen der Arbeit mit den Lernmaterialien genauso gewonnen werden, wie kognitiv-evaluative Urteile zur Anwendbarkeit der mit den Lernmaterialien transportierten technischen Inhalte. Durch die Codierung der Texte anhand eines dreistufigen Kategoriensystems ließ sich das Material sowohl quantitativ als auch qualitativ analysieren. Ein Resultat aus diesem Teil der Erhebung ist eine Bestätigung der bereits aus der Vorher-Nachher-Befragung deutlich zu Tage getretenen Offenheit der Studierenden gegenüber der Technik. Die Bedeutung der im Kurs und in

den Aufgaben behandelten Themen für Gesellschaft, Alltag sowie für den späteren Beruf als Lehrerin oder Lehrer wird insgesamt als hoch eingeschätzt und zwar weitestgehend unabhängig von Geschlecht oder Mediennutzungsart. Dagegen zeigten die Statements der Studierenden aus den einzelnen Mediennutzungsgruppen in Bezug auf die motivationalen und affektiven Aspekte zum Erleben des Lernprozesses doch deutlichere Unterschiede. Mit Ausnahme der Kategorien „Schwierigkeit“ und „Lernklima“ fallen die Urteile in der Simulationsgruppe insgesamt positiver aus. Das gilt für beide Geschlechtergruppen und lässt sich an den prozentualen Codinghäufigkeiten nachweisen.

Die qualitative Analyse der Falldokumente liefert punktuell Hinweise über Relevanzsysteme und Motivlagen für die positivere Beurteilung durch die Angehörigen der Simulationsgruppe. Die Urteile werden allgemein an den speziellen Möglichkeiten der interaktiven Apps festgemacht und beziehen sich u.a. auf das unmittelbare Erleben der eigenen Wirksamkeit. Die Erwartung, Prozesse selbstständig kontrollieren zu können scheint eine Motivationsquelle darzustellen und den Wert der Beschäftigung mit den simulativen Elementen zu erhöhen. Entsprechende Äußerungen bestätigen grundsätzliche Annahmen der Motivationsforschung zur Kausalattribution von Verhalten und Leistung (vgl. Stiensmeier-Pelster & Heckhausen 2018, S. 452ff.). Anders als beim Fragebogen der Vorher-Nachher Erhebung, dessen Items unspezifisch auf die „Technik“ rekurrieren, sind die nach jeder Lerneinheit angefertigten Statements der Lerntagebücher unter dem Eindruck spezifischer Themen, Inhalte und Aufgabenstellungen entstanden. Deren Einfluss wird in der Auswertung des Textmaterials deutlich. Interesse und Motivation sind, das belegen ähnliche Studien, themenbezogen (vgl. Acatech/ VDI 2009, S. 34). Die motivationalen Effekte von Computersimulationen müssen daher – wie auch Silke Grafe (2008, S. 253) konstatiert – in Zusammenhang mit den spezifischen Inhalten und Problemstellungen gesehen werden. Hinzu kommt, dass die Befragten besonders bei den Einschätzungen zu Nutzen und Verwertbarkeit des Wissens teils aus unterschiedlichen Rollen bzw. Perspektiven heraus argumentieren (Technikbetroffener, Lerner, Lehrer, Schüler). Ob diese Rollenperspektiven die Einschätzungen grundsätzlich überlagern oder situativ vor dem Hintergrund der Themen oder Problemstellungen gewählt werden, lässt sich aufgrund der Qualität des Analysematerials nicht eindeutig klären.

Unter Berücksichtigung des Einflusses intervenierender Störgrößen sowie der vorsichtigen Interpretation der Messwerte und Texte der im Rahmen der Studie in den Blick genommenen Stichprobe, lässt sich folgendes Resümee ziehen: Selbstwirksamkeitseinschätzungen und Kompetenzerleben als Teilbereiche des Technikbezogenen Selbstkonzepts können offensichtlich durch formelle Bildungsprozesse positiv beeinflusst werden und zwar unabhängig von Medieneinsatz und Geschlecht. Erfahrungsanteile des technikbezogenen Selbstkonzepts ebenso wie das grundsätzlich positive Technikbild der Studierenden werden indes im anberaumten Zeitraum und mit den zum Einsatz gebrachten Lernformaten kaum modifiziert. Trotz einer insgesamt gegenüber der Technik aufgeschlossenen Grundhaltung zeigen sich auch die affektiven und interessenbezogenen Einstellungen sehr beharrlich. Das gilt insbesondere für die Teilnehmerinnen. Männliche Studierende scheinen sowohl generell, als auch durch die Arbeit mit simulativen Elementen in Bezug auf die selbstbezogenen Einschätzungen zur Technik in derartigen Lernsettings etwas mehr zu profitieren als Frauen. Auch wenn eine statistisch relevante Veränderung des technikbezogenen Selbstkonzepts – mit den genannten Ausnahmen für das Kompetenzerleben und die Selbstwirksamkeitserwartungen – durch die Arbeit mit technikbezogenen Lernmaterialien auf breiter Basis anscheinend nicht erreicht werden kann, weisen die Lerntagebuchdaten auf ein motivationales und emotionales Anregungspotenzial der Medien hin, das offensichtlich in der Simulationsgruppe deutlicher zum Tragen kommt. Mit Blick auf die Ergebnisse der Vorher-Nachher-Messung muss allerdings davon ausgegangen werden, dass diese Motivationszustände keinen nachhaltigen Einfluss auf die wertbezogenen motivationalen Bestandteile des Selbstkonzepts ausüben, sondern ihre Wirkung eher situativ entfalten.

Ausblick: Die Integration digitaler Technologien in Bildungsprozesse ist per se noch kein Qualitätskriterium. Um mögliche Potenziale auszuschöpfen, braucht es sinnvolle Lehr- und Lernangebote, eine entsprechende Ausstattung der Schulen und gut ausgebildetes Bildungspersonal. Die theoretische Basis für diese Aspekte bilden wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse zur Effektivität und Effizienz eines entsprechenden Medieneinsatzes. Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Befunde lassen sich sicherlich nicht ohne weiteres auf andere Forschungskontexte oder Personengruppen übertragen, liefern für zukünftige Studien zu technikbezogenen Lernprozessen jedoch einige Anhaltspunkte und Anregungen.

Ein Resultat ist, dass sich in technikbezogenen Bildungsprozessen mit einer Koppelung aus instruktiven und aufgabenbezogenen Selbstlernphasen signifikante Zuwächse bei Kompetenz- und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen erreichen lassen. Zur Grundausstattung domänenspezifischer Selbstkonzepte zählen indes auch erfahrungsbezogene, motivationale und emotionale Aspekte. Die Veränderung überdauernder motivationaler Haltungen stellt – auch das ist ein Ergebnis der Studie – eine didaktische Herausforderung dar, für die es anscheinend mehr als nur medialer Anreize bedarf.

Die Fragebogendaten enthüllen zudem statistisch relevante Geschlechterdifferenzen, die jedoch erst zum zweiten Erhebungszeitpunkt im Umfang zunehmen. Warum die Tendenz der Einschätzungen der männlichen Studierenden insgesamt und auch in Bezug auf den Einsatz der simulativen Elemente im Vergleich zu den Frauen positiver ausfällt, lässt sich aus den Fragebogendaten nicht schließen. Ursachen und Moderierungsoptionen für die im Vergleich zu Männern vielfach festgestellte Zurückhaltung von Frauen bei Abfragen zu technikbezogenen Selbsteinschätzungen bleiben auch nach dieser Studie ein wichtiges Forschungsfeld.

Impulse für Beeinflussungsmöglichkeiten der selbstbezogenen Einschätzungen liefert die Auswertung der Lerntagebücher. Die zeitnah zur Arbeit mit den Medien abgegebenen Urteile der Studierenden deuten darauf hin, dass simulative Elemente im Vergleich zur Arbeit mit klassischen Lernmaterialien zumindest situativ emotionale und motivationale Effekte hervorrufen. Ausgehend von der Annahme, dass wiederholte situative Anregungen zu Veränderungen persönlicher Einstellungen beitragen können (vgl. Mietzel 2003, S. 385), ergeben sich Ansatzpunkte für weitere Forschungen. So stellt sich beispielsweise die Frage, unter welchen Bedingungen die unterschiedlichen Motivationssysteme stärker voneinander profitieren können.

Ein denkbarer Hebel stellt dabei eventuell die gezielte Förderung von Introspektionen dar. Sie waren im Untersuchungsdesign mit den Lerntagebüchern zwar angelegt, möglicherweise aber in Art und Ausmaß zu wenig nachhaltig. Zu überprüfen wäre damit, ob sich durch eine Variation dieses Aspekts das domänenspezifische Selbstkonzept auf breiterer Front beeinflussen ließe. Unabhängige Variablen könnten beispielsweise im Anschluss an Lernprozesse mit Simulationen stattfindende Gespräche (etwa mit anderen Lernern), positives Feedback durch eine Lehrperson oder eine entsprechende Gestaltung systembedingter Rückmeldungen sein.

Mehr Aufmerksamkeit sollte in vergleichbaren wissenschaftlichen Vorhaben der Kontrolle der Eingriffsmöglichkeiten bei den verwendeten simulativen Medienelemente zukommen. Bei den im Rahmen der Studie eingesetzten Medienelementen reicht das Spektrum von einfachen Prozesssimulationen bis hin zu planspielartigen Applikationen. Näher an experimentelle Studiendesigns heranreichen könnte eine Versuchsplanung, die die Medienelemente im Vorfeld diesbezüglich kategorisiert und dimensioniert. Aspekte dabei könnten der Umfang der Nutzerkontrolle, die Laufzeit sowie eine Taxonomie der Aufgaben sein (vgl. Leutner 2010; Honey & Hilton 2011, S. 23). Zu überprüfen wäre außerdem, ob Simulationen bzw. Simulationsspiele, in denen Aspekte wie Flow-Erleben, Wettbewerbscharakter oder Gemeinschaftserlebnisse stärker zum Tragen kommen, deutlicher auf die Selbstkonzeptgenese wirken (vgl. Kerres et al 2009, S. 7; Ungar, Goossens & Becker 2015, S. 160f.; Spangenberg et al. 2018).

Wie die Recherche zum theoretischen Kontext im Vorfeld der Studie ergab, gibt es allerdings auch innerhalb der wissenschaftlichen Aufarbeitung selbstbezogener Einstellungen noch Klä-

rungsbedarf. Für ähnliche Vorhaben wünschenswert ist beispielsweise eine genauere Konzeptualisierung der mit Technik konnotierten selbstbezogenen Einschätzungen. Eine Voraussetzung dafür wäre eine anerkannte Abgrenzung der das Selbst betreffenden Konstrukte sowie mehr Klarheit in Bezug auf ihre Dimensionalität und Faktorstruktur (vgl. Moschner & Dickhäuser 2018, S. 750; Mummendey 2006, S. 61; Güdel 2014, S. 16).

Überhaupt scheint noch Unsicherheit darüber zu bestehen, wie sich Einstellungen, Selbstkonzepte oder Handlungsmotive methodologisch verlässlich nachweisen lassen (vgl. Mummendey 2006, S. 221f.; Brunstein & Heckhausen 2018). Die Messung von Motivation kann sowohl durch Befragung (explizite Messung) als auch durch die Interpretation spontanen Verhaltens erfolgen (implizite Messung). In Anbetracht des Aufwandes, der mit Verhaltensbeobachtungen verbunden ist, dominiert wohl zumeist die Erfassung von Selbstauskünften. Dabei wird stillschweigend davon ausgegangen, dass die Befragten tatsächlich willens und in der Lage sind, über Bedürfnisse und Motive Auskunft zu geben (Kuhl, Scheffer & Eichstaedt 2003, S. 130). Das Untersuchungsdesign dieser Studie, mit Vorher-Nachher-Befragung und wöchentlichen Lerntagebüchern, erhöhte zwar insgesamt die Anlässe für introspektive Selbstbeobachtungen, fußte jedoch ebenfalls auf der individuellen Fähigkeit, sich realistisch einzuschätzen. Grenzen für eine realistische Erfassung der Selbsturteile sind des Weiteren sowohl bei den Fragebögen, als auch bei den Probanden selbst zu suchen: Beim Einsatz von Fragebögen ist es die Vorstrukturierung der Aussagen, bei den Lerntagebüchern die sprachliche Ausdrucksfähigkeit der Verfasser, die limitierend wirken können.

Beim Versuch der Einordnung der gewonnenen Resultate in die vorhandene Befundlage ergab sich ein weiteres Problem, dem in der vorfindlichen Literatur kaum Beachtung geschenkt wird. Dort wird an verschiedenen Stellen darauf verwiesen, dass die Einstellungen von Teilnehmerinnen und Teilnehmern entsprechender Befragungen zur Technik individuellen Sinn-, Verständnis- und Relevanzhorizonten unterliegen (vgl. acatech/ VDI 2009; acatech 2011; Wensierski 2015). Das jeweilige Technikverständnis wird durch Milieus, Bildungsinstitutionen, Traditionen und mediale Einflüsse mitgeprägt und ist oft auf spezifische Bereiche fixiert (vgl. Pfenning 2016, S. 97; acatech/ VDI 2009, S. 34). Angesichts der vielfältigen technischen Erscheinungsformen und Deutungshorizonte ist es demnach kaum wahrscheinlich, dass Urteile zur Technik jeweils auf ein und dasselbe Verständnis rekurrieren. Trotzdem wird, wie in den TSK-Skalen, in entsprechenden Untersuchungen häufig der unspezifische Begriff Technik verwendet.

Die in den Lerntagebüchern dokumentierten Einschätzungen jedenfalls zeigen, dass Technikbereiche aus unterschiedlichen Interessenlagen und Anwendungshorizonten heraus beurteilt werden. Ob dabei eine erhöhte Medienaufmerksamkeit für bestimmte Themen ebenfalls zur Beeinflussung von technikbezogenen Urteilen führt, lässt sich aufgrund der vorliegenden Daten nicht sagen (vgl. acatech/ VDI 2009, S. 36). Worthäufigkeiten und Detailgrad der Statements zu bestimmten Themen lassen jedoch derartige Effekte vermuten. Eine Möglichkeit, zum spezifischen Technikverständnis durchzudringen, könnte in der exakteren Ausrichtung der Untersuchungsinstrumente auf Anwendungsbereiche oder Technologien liegen. Eine solche Orientierung weist allerdings ebenfalls einige Tücken auf, wie Karin Güdel (2014, S. 228) konstatiert. Probleme könnten sich beispielsweise dadurch ergeben, dass verschiedene Begriffe für die Rezipienten zu abstrakt sind oder Beispiele fehlen. Gut möglich, dass hier eine engere Kooperation wissenschaftlicher Teildisziplinen (etwa Psychologie und Fachdidaktik) zur Entwicklung zielgenauerer Erhebungsinstrumente beitragen würde.

Dass angehende Lehrerinnen und Lehrer technischen Lehrinhalten in Form überschaubarer und didaktisch reduzierter Simulationen positiv begegnen, bietet des Weiteren Impulse für die Integration digitaler Medien in Schule und Unterricht. Mögliche Optionen für eine Veränderung unterrichtlicher Gestaltungsformen und Handlungsmustern stellen ein wichtiges Forschungsfeld dar (vgl. Herzig 2014, S. 14; Schmid, Goertz & Behrens 2017, S. 47).

Die Übertragung der im Rahmen der Studie gewonnenen Erkenntnisse auf Schülerinnen und Schüler ist nur bedingt möglich. Zuversicht in die eigenen Möglichkeiten gegenüber der Technik ist jedoch nicht nur für zukünftige Lehrkräfte wichtig, die im späteren Berufsalltag mit Technikvermittlung und Berufsorientierung zu tun haben werden. Für Schülerinnen und Schüler bilden Selbstkonzeptbestandteile natürlich ebenfalls eine wichtige Ressource, um technikbezogene Situationen zu bewältigen oder entsprechenden Berufs- und Ausbildungsoptionen aufgeschlossen zu begegnen (vgl. Bandura 1993, S. 144f.; Lent, Brown & Larkin 1987; Jacobs & Ziefle 2009, S. 9). Um die Potenziale für situative Anregungseffekte auch bei dieser Personengruppe auszuloten, sind Nachfolgeprojekte geplant.

Einige der im Rahmen der Studie verwendeten Apps wurden bereits bei außerschulischen MINT-Veranstaltungen und im Rahmen des Schulunterrichts an Mittelschulen getestet und von allen Beteiligten überwiegend positiv beurteilt. Die CNC-App war außerdem Gegenstand einer Masterarbeit. Untersucht wurden hier Leistungsparameter im Anschluss an eine Lernsequenz, bei der jeweils zwei Klassen mit der App und zwei Klassen mit den Ausdrucken arbeiteten, die auch im Rahmen der Studie eingesetzt wurden. Die Ergebnisse können als ermutigend bezeichnet werden und zeigen exemplarisch, dass sich mit solchen Apps auch komplexere Technologien in Lernprozesse für die schulische Berufsorientierung integrieren lassen (Gatt 2016).

Einen Anlass für weitere Untersuchungen stellen die von den Studierenden überraschend häufig geäußerten Schwierigkeiten zur Lerneinheit 11 dar. Dabei ging es um die Bewertung selbstgewählter oder zur Auswahl gestellter Technologien entlang des Werteoktogons des VDI. Eigentlich war am Ende einer Veranstaltung mit unterschiedlichen Blicken auf die Technik zu erwarten, dass Wissensgrundlagen für Einschätzungen zu Chancen und Risiken angelegt sind und entsprechende Urteile leichter von der Hand gehen sollten. Bei allgemein recht hohem Interesse am Thema und einer günstigen Bewertung der zur Verfügung gestellten Materialien fällt es etlichen Personen jedoch anscheinend schwer, Entscheidungsgrundlagen für Werturteile überhaupt zu identifizieren und in eine bestimmte Richtung zu reflektieren. Zur Technikmündigkeit gehört jedoch die Fähigkeit, auf der Basis eines fundierten Sachwissens und selbst erarbeiteter Werte und Weltbilder ein ausgewogenes Urteil über Technik in Wirtschaft und Gesellschaft ableiten zu können (vgl. acatech/ VDI 2009, S. 11). Mit welchen Ansätzen und Methoden sich Bewertungsgrundlagen erarbeiten und Entscheidungssituationen trainieren lassen, sollte daher mehr als bisher in den Fokus technikdidaktischer Forschungen rücken. Methodische Anregungen für entsprechende Lernsituationen finden sich in dieser Arbeit.

Der Komplexität technologischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Fragestellungen ist heute kaum mehr anders als mit Modellbildung und Simulation beizukommen. In vielen Wissenschaftsbereichen werden daher Modellierungstechniken, geeignete Systeme sowie Chancen und Risiken einer simulationsbasierten Erkenntnisgewinnung diskutiert (vgl. Wissenschaftsrat 2014). Der Methode sollte daher in der schulischen und außerschulischen technischen Allgemeinbildung mehr Bedeutung zukommen. Dabei muss das Spektrum von der Nutzung vorhandener bis zur Modellierung eigener Simulationen reichen. Denn auch jenseits statistisch nachweisbarer Effekte auf Motivation, Selbstkonzeptgenese oder Technikverständnis bleibt der Einsatz von Simulationen bzw. simulativen Medienelementen ein didaktisches Muss. Simulationen übernehmen in Wissenschaft, Arbeit, Beruf und sogar im Privatbereich Funktionen bei der Planung und Vorbereitung technikbezogener Prozesse und bieten Trainings- und Erfahrungsmöglichkeiten, die sonst nicht möglich wären.

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

Abel, H. (1958). Verlängerte Vollschulpflicht unter pädagogisch-didaktischem Aspekt. Offene Welt – Zeitschrift für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, Nr. 58: Neuntes und zehntes Schuljahr. Frankfurt am Main: Wirtschafts- und gesellschaftspolitisches Bildungswerk der Wirtschaftspolitischen Gesellschaft von 1947 e.V.

Abele, S., Gschwendtner, T. & Nickolaus, R. (2009). Computerbasierte Simulationen in internationalen Vergleichsstudien: Können sie berufliche Handlungskompetenzen aussagekräftig erfassen? Berufsbildung: Zeitschrift für Praxis und Theorie in Betrieb und Schule, 63 (119), 24–26.

Acatech & VDI. (Hrsg.). (2009). Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Ergebnisbericht. München & Düsseldorf: acatech & VDI. Online unter: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/NaBaTech_Bericht_Final_210709_einzel.pdf

Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.). (2011). Monitoring von Motivationskonzepten für den Techniknachwuchs. MoMoTech: Acatech Berichtet und Empfiehlt. Berlin: Springer. Online unter http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech_Berichtet-und-Empfiehlt_MoMoTech_WEB.pdf

Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.). (2013). Technikwissenschaften. Erkennen – Gestalten – Verantworten acatech IMPULS – KURZFASSUNG. Online unter file:///C:/Users/ppa127/AppData/Local/Temp/acatech_KF_neu_IMP_Technikwissenschaften_Kurzfassung.pdf

Adams, W.K., Reid, S., LeMaster, R., McKagan, S.B., Perkins, K.K., Dubson, M. & Wieman. C.E. (2008). A study of educational simulations part I – Engagement and learning. Journal of Interactive Learning Research, 19(3), 397-419.

Adenstedt, V. (2016). Erhebung des technischen Selbstkonzepts von Grundschulkindern. Journal of Technical Education (JOTED), 4 (2), 64-86.

Adenstedt, V. (2018a). Pilotierung eines Fragebogens zur Erhebung des Technischen Selbstkonzepts von durchschnittlich Neunjährigen. Journal of Technical Education (JOTED), 6(1), 9-29. Online unter http://www.journal-of-technical-education.de/index.php/joted/article/view/113/132

Adenstedt, V. (2018b). How boys´and girls´technical interest differs: A research study. In: De Vries, M., Fletcher, S., Kruse, S., Labudde, P., Lang, M., Mammes, I., Max, C.; Münk, D., Nicholl, Strobel, J. & Winterbottom, M. (Eds.), Research in Technology Education: International Approaches (S. 21-43). Münster, New York: Waxmann.

Adler, M., Herrmann, H.-J., Koldehoff, M., Meuser, V., Scheuer S., Müller-Arnecke, H., Windel, A. & Bleyer, T. (2010). Ergonomiekompendium: Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten (1. Aufl.). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Albers, C., Magenheim, J. & Meister, D.M. (2011). Der Einsatz digitaler Medien als Herausforderung von Schule – eine Annäherung. In: Albers, C., Magenheim, J. & Meister, D.M.

(Hrsg.), Schule in der digitalen Welt. Medientheoretische Ansätze und Schulforschungsperspektiven (1. Aufl.) (S. 7-16). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Albrecht, H. (1989). Die Anfänge eines technischen Bildungssystems. In: Boehm, L. & Schönbeck, C. (Hrsg), Technik und Bildung (S. 118-153). Düsseldorf: VDI Verlag.

Altschuller, G. S. (1973). Erfinden - (k)ein Problem. Berlin: Verlag Tribüne.

Altvater, E. (2006). Das Ende des Kapitalismus: Vortrag vor dem Berliner Bildungsverein Urania (Januar 2006). Blätter für deutsche und internationale Politik, 2, 171-182.

Amelang, M. (2006). Differenzielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung (6. Vollst. Überarb. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Ammermüller, F. (1837). Die Real- und Gewerbsschulen: oder über die zweckmäßigste Einrichtung der Lehranstalten für die gewerbetreibenden Volksklassen. Stuttgart: Johann Friedrich Steinkopf.

Anderson, J. R. (1996). Kognitive Psychologie. Heidelberg-Berlin-Oxford: Spectrum Akademischer Verlag GmbH.

Anweiler, O. (Hrsg.). (1969). Polytechnische Bildung und Technische Elementarerziehung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Ardies, J., DeMaeyer, S. & Gijbels, D. (2013). Reconstructing the Pupils Attidude towards Technology-Survey. An International Journal, 18(1), 8-19.

Ardies, J., DeMaeyer, S., Gijbels D. & van Keulen, H. (2015). Students attitudes towards technology. International Journal of Technology and Design Education, 25, 43-65. Online unter doi 10.1007/s10798-014-9268-x

Arendt, H. (1989). Vita activa oder vom tätigen Leben (6. Aufl.). München: Piper.

Arnold, R. (2006). Neue Methoden betrieblicher Bildungsarbeit. In: Arnold, R. & Lipsmeier, A. (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung (2. Aufl.). (S. 355-369). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.

Arnold, R., Gonon, P. & Müller, H.-J. (2016). Einführung in die Berufspädagogik (2. überarbeitete Aufl.). Opladen, Toronto: Verlag Barbara Budrich.

Arnold, P., Kilian, L., Thilloson, A. M. & Zimmer, G. M. (2018). Handbuch E-Learning: Lehren und Lernen mit digitalen Medien (5. Aufl.). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (UTB).

Aschenbrücker, K. (2017). Forschendes Lernen von SchülerInnen im Forschungslabor am Beispiel Faserverbund. Ergonomie aktuell: Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie. TUM, 18, 21-27. Online unter https://www.mec.ed.tum.de/fileadmin/w00cbp/lfe/ergonomie_aktuell/Ergonomie_Aktuell_2017.pdf

Aschenbrücker, K. & Natterer, K. (2018). Forschendes Lernen - Effekte auf das fachliche Selbstkonzept und auf Interessen von SchülerInnen am Beispiel Faserverbund. In: Neuber, N. Paravicini W. & Stein M. (Hrsg.), Forschendes Lernen – the wider view. (S. 319-322). Münster: WTM-Verlag.

Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. PsychologicalReview, 64, 359–372.

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In: Spence, K. W. & Spence, J. T. (Hrsg.), The psychology of learning and motivation: advances in research and theory (Vol. 2). (S. 89-195). New York: Academic Press.

Bagg, A. M. & Cancik-Kirschbaum, E. (2006). Technische Experten in frühen Hochkulturen: Der Alte Orient. In: Kaiser, W. & König, W. (Hrsg.), Geschichte des Ingenieurs: Ein Beruf

in sechs Jahrtausenden (S. 5-31). München, Wien: Hanser Verlag.

Baethge, M. & Baethge-Kinsky, V. (2006). Ökonomie, Technik, Organisation: Zur Entwicklung von Qualifikationsstruktur und Qualifikationsprofilen von Fachkräften. In: Rolf, A. (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung: Unter Mitarbeit von Antonius Lipsmeier (2. Aufl.) (S. 153-173). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.

Balzer, W. (1997). Die Wissenschaft und ihre Methoden: Grundätze der Wissenschaftstheorie. Freiburg: Verlag Karl Alber.

Bame, E., Dugger, W., De Vries, M. & McBee, J. (1993). Pupils‘ attidues toward technology – PATT-USA. Journal of Technology Studies, 19, 40-48.

Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive develoment and functioning. Educational Psychologist, 28, 117-148.

Bannert, M. (2007). Metakognition beim Lernen mit Hypermedia: Erfassung, Beschreibung und Vermittlung wirksamer metakognitiver Strategien und Regulationsaktivitäten. Münster: Waxmann.

Banse, G. (1996). Technisches Handeln unter Unsicherheit: unvollständiges Wissen und Risiko. In: Banse, G. & Friedrich, H. (Hrsg.), Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung: Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln (S. 105-140). Berlin: ed. Sigma.

Banse, G. (2006). Empirisch-induktive Methoden. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften (S. 252-263). Berlin: edition sigma.

Banse, G. (2007). Technikwissenschaften –Wissenschaften vom Machen. In: Parthey, H. & Spur, G. (Hrsg.),Wissenschaft und Technik in theoretischer Reflexion: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2006 (S. 131-150). Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Banse, G. & Hauser, R. (2010). Technik und Kultur – ein Überblick. In: Banse, G. & Grundwald, A. (Hrsg.), Technik und Kultur: Bedingungen und Beeinflussungsverhältnisse (S.17-40). Karlsruhe: Scientific Publishing.

Banse, G. & Wendt, H. (Hrsg.). (1986). Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften. Berlin: Verlag Technik.

Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg) (2006), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin: edition sigma.

Baumert, J. & Köller, O. (1996). Lernstrategien und schulische Leistungen. In: Möller, J. & Köller, O. (Hrsg.), Emotionen, Kognitionen und Schulleistung (S. 137-154). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Sranat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske +Budrich.

Bausinger, H. (1997). Kultur und Technik. In: Fast, L. & Seifert, H. (Hrsg.), Technische Bildung: Geschichte, Probleme, Perspektiven. Didaktische Materialien zur technischen Bildung – Kongress Technische Bildung – Kongressbericht. Landesmuseum für Technik und Arbeit, Mannheim 23. bis 25. September 1996. Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, 28, 40-52.

Bayerischer Lehrer- und Lehrerinnenverband (2001). Positionspapier: Technische Grundbil-

dung an allgemeinbildenden Schulen in Bayern. Einstimmiger Beschluss des Landesausschusses. München: BLLV.

Bechmann, G. & Wolf, S. (1994). Risiko: Das heiße Eisen der Technikbewertung. In Hubig, C. & Ropohl, G. (Hrsg.), Funkkolleg: Technik einschätzen -beurteilen – bewerten. Studienbrief 2. (S. 4-34). Weinheim: Beltz.

Beck, U. (2007). Weltrisikogesellschaft: Auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Becker, M. & Spöttl, G. (2008). Berufswissenschaftliche Forschung: Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Frankfurt, M., Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Lang.

Beckmann, J. (1806). Entwurf der Allgemeinen Technologie. Göttingen.

Beecroft, R. & Dusseldorp, M. (2009). TA als Bildung: Ansatzpunkte für Methodologie und Lehre. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 18 (3), 55-64. Online unter http://www.tatup-journal.de/downloads/2009/tatup093_bedu09a.pdf

Beecroft, R. & Schmidt, J. C. (2012). Die Szenariomethode in der Interdisziplinären Technikbildung – Eine didaktische Rekonstruktion. In: Dusseldorp, M. (Hrsg.), Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden (S. 157-175). Wiesbaden: Springer VS.

Beier, G. (1999). Kontrollüberzeugungen im Umgang mit Technik. Report Psychologie, 9, 684-693.

Benjes, H. (1975). Erfinden, Forschen, Konstruieren im Technikunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Benner, H. (1987). Arbeiten zur Ordnung der Berufsausbildung vom DATSCH bis zum BIBB. In: Greinert, W.-D., Hanf, G., Schmidt, H. & Stratmann, K. (Hrsg.), Berufsausbildung und Industrie: Zur Herausbildung industrietypischer Lehrlingsausbildung (S. 269-293). Berlin, Bonn: Kongressbericht.

Berken, D. (2010). Technikfolgenabschätzung als Gegenstand technischer Allgemeinbildung. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, 138, 12-20.

Berlinischer Gymnasiallehrer-Verein (1859). Plan zur Organisation der Provinzial-Gewerbeschule und Reglement für die Entlassungsprüfungen bei Provinzial-Gewerbeschulen. Zeitschrift für das Gymnasialwesen, 4(1), 752-762.

Bernhard, F. (2003). Der fachwissenschaftlich-methodologische Ansatz der Technikdidaktik. In: Bonz B. & Ott, B. (Hrsg.), Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge (S. 72-87). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Betschneider, M., Höhns, G. & Münchhausen, G. (Hrsg.). (2011). Kompetenzorientierung in der beruflichen Bildung: Berichte zur beruflichen Bildung. Bundesinstitut für berufliche Bildung. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Bienhaus, W. (2010). Einleitung. In: Bienhaus, W & Schlagenhauf, W. (Hrsg.), Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts: Strukturierung und Präzisierung (S. 9-16). Freiburg: DTGB.

Biester, W. (1968). Werkunterricht: Begründung und Praxis. Bochum: F. Kamp.

Bittmann, A. & Novak, H. (1996). Die Entwicklung der Lernorte in Gaggenau als ein Prozess der Ausdifferenzierung von Lernorten im Kontext eines permanenten Anforderungswandels. In: Dehnbostel, P., Holz, H. & Novak, H. (Hrsg.), Neue Lernorte und Lernortkombinationen - Erfahrungen und Erkenntnisse aus dezentralen Berufsbildungskonzepten (S. 121-143). Bielefeld: Bertelsmann.

Blandow, D., Bösenberg, A. & Sachs, C. (1981). Experimente im polytechnischen Unterricht: mechanische Technologie, Maschinenkunde, Steuerungs- und Regelungstechnik, Elektrotechnik (1. Aufl.). Berlin: Volk und Wissen.

Blankertz, H. (1968). Arbeitslehre in der Diskussion. In: Blankertz, H. (Hrsg.), Arbeitslehre in der Hauptschule (S. 9-22). Essen: Neue-Deutsche-Schule-Verlag.

Blankertz, H. (1969). Bildung im Zeitalter der großen Industrie: Pädagogik, Schule und Berufsbildung im 19. Jahrhundert. Hannover: Schroedel.

Blankertz, H. (1974). Theorien und Modelle der Didaktik (8. Aufl.). München: Juventa Verlag.

Bleher, W. (2001). Das Methodenrepertoire von Lehrerinnen und Lehrern im Fach Technik: Eine empirische Untersuchung an Hauptschulen in Baden-Württemberg. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Blikstein, P. (2008). Travels in Troy with Freire: Technology as an agent of emancipation. In: Noguera, P. & Silva, C. A. (Hrsg.), Freire and the Possible Dream (S. 205-244). Rotterdam: Sense Publishers.

Blonskij, P. P. (1971): Die Arbeitsschule der zweiten Stufe. In: Kaiser, F.-J. & Kielich, H. (Hrsg.), Theorie und Praxis der Arbeitslehre (S. 25-31). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Bockelbrink, K.-H., Jungnickel, H. & Koch, J. (1988). Leittexte in der betrieblichen Berufsausbildung. In Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.), Leittexte in der Ausbildungspraxis. Berlin: Bundesinstitut für Berufsbildung.

Boehm, L. (1989). Technische Bildung von den Anfängen bis zur frühen Neuzeit. In: Boehm, L. & Schönbeck, C. (Hrsg.), Technik und Bildung (S. 59-117). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Boekaerts, M. (1998). Do culturally rooted self-construals affect students' conceptualizationof control over learning? Educational Psychologist, 33(2/3), 87-108.

Böhlandt, M. (2009). In occidente umbria? Anmerkungen zur Rolle von Mathematik und Naturwissenschaften an den europäischen Universitäten es Mittelalters. In: Fansa, M. (Hrsg.), Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft; Begleitband zur Sonderausstellung „Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft“ im Augusteum, Oldenburg (S. 75-91). Mainz am Rhein: von Zabern.

Bönsch, M. (1985). Artikulationsformen. In: Otto, G. & Schulz, W. (Hrsg.), Enzyklopädie Erziehungswissenschaft: Methoden und Medien der Erziehung und des Unterrichts (S. 382-389). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Bönsch, M. (2000). Variable Lernwege: Ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden (3., erw. und akt. Aufl.). Paderborn, Zürich: F. Schöningh.

Bonz, B. (2001). Methoden des Metalltechnischen Unterrichts. In: Bader R. & Bonz, B. (Hrsg.), Fachdidaktik Metalltechnik (S. 163-175). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Borgenheimer, B. (2014). Lernen mit Simulationen: Eine Untersuchung zur Steigerung der Lerneffektivität beim Lernen mit Simulationen durch den Einsatz von Lernstrategien. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Bortz, J. & Döring, N. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Bortz, J. & Schuster, C. (2010). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler (7. vollst. überarb. und erw. Aufl.). Berlin u.a.: Springer.

Boshof, E., Düwell, K. & Kloft, H. (1994). Grundlagen des Studiums der Geschichte: Eine Einführung (4. Überarb. Aufl.). Köln: Böhlau.

Braungart, M. & McDonough, W. (2013). Cradle to cradle: Einfach intelligent produzieren. München: Piper.

Brentjes, B., Richter, S. & Sonnemann, R. (Hrsg.). (1987), Geschichte der Technik. Köln: Aulis Verlag Deubner & CO KG.

Brentjes, B. (1987). Die Steinzeit der Jäger und Sammler. In: Brentjes, B., Richter, S. & Sonnemann, R. (Hrsg.), Geschichte der Technik (2., durchges. Aufl.). (S. 11-21). Köln: Aulis-Verl. Deubner & CO KG.

Brüggemann, O. (1967). Naturwissenschaft und Bildung: Die Anerkennung des Bildungswertes der Naturwissenschaften in Vergangenheit und Gegenwart. Heidelberg: Quelle & Meyer.

Brüll, M. (2010). Akademisches Selbstkonzept und Bezugsgruppenwechsel: Einfluss spezieller Förderklassen bei hochbegabten Schülern. Göttingen, Bern, u.a.: Hogrefe.

Bruner, J. S. (1970). Der Prozess der Erziehung. Berlin: Berlin – Verlag.

Bruner, J. S. (1981). Der Akt der Entdeckung. In: Neber, H. (Hrsg.), Entdeckendes Lernen (3. Aufl.) (S. 15-27). Weinheim und Basel: Beltz.

Brunner, K. (1988). Wovon lebte der Mensch. Zur Wirtschaftsgeschichte der Baiern im Frühmittalter. In: Dannheimer, H. & Dopsch, H. (Hrsg.), Die Bajuwaren. Von Severin bis Tassilo. Ausstellungskat. Rosenheim, Mattsee 1988 (S. 192-197). München, Salzburg.

Brunstein, J. C. & Heckhausen, H. (2018). Leistungsmotivation. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.), Motivation und Handeln (5. überarbeitete und erweiterte Aufl.) (S. 163-222). Berlin: Springer.

Brychta, P. & Müller, K. (2004). Technische Simulation. Würzburg: Vogel Buchverlag.

Buddensiek, W. (1979). Pädagogische Simulationsspiele im sozio-ökonomischen Unterricht der Sekundarstufe I. Bad Heilbrunn/ Oppladen: Klinkhardt.

Bufe, J. P. (2011). Game-Design Paradigmen und Lernprozesse im Digital Game Based Learning. Frankfurt a. M. Online unter: https://d-nb.info/1045005673/34

Buhr, R. (2008). Technische Bildung entlang der Bildungskette – Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik. Unter Mitarbeit von Ernst A. Hartmann. In: Buhr, R. (Hrsg.), Technische Bildung für Alle: Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik (S.8-24). Berlin: LIT.

Buhr, R. (2008). Schnittstellenbetrachtung und Handlungsoptionen im Elementar- und Primarbereich. In: Buhr, R. (Hrsg.): Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik (S. 25-32). Berlin: LIT.

Bullinger, H.-J. (1994). Technikfolgenabschätzung (TA). Stuttgart: Teubner Verlag.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010). Ergonomiekompendium – Anwendung Ergonomischer Regeln und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit von Produkten. Online unter: http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2116-2.html

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2013): Grundlegende Schritte der Risikobewertung. Online unter: http://www.baua.de/de/Produktsicherheit/Marktueberwachung/Risikobewertung.html,

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.). (2007). Bildungsforschung Band 1. Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Bonn und Berlin: BMBF.

Büsch, O. (1992). Handbuch der Preußischen Geschichte: Das 19. Jahrhundert und Große Themen der Geschichte Preußens. Berlin, New York: de Gruyter. Online unter http://books.google.de/books?id=LFioWTr-bJwC.

Campbell, D.T. & Stanley, J.C. (1970). Experimentelle und quasi-experimentelle Anordnungen in der Unterrichtsforschung. In: Ingenkamp, K. & Parey, E. (Hrsg.), Handbuch der Unterrichtsforschung (S. 445-632). Weinheim: Beltz.

Campe, J. H. (Hrsg.). (1787). Allgemeine Revision des gesamten Schul- und Erziehungswesens von einer Gesellschaft praktischer Erzieher (9.Teil). Wien und Wolfenbüttel: Rudolph Gräffer.

Clauß, G. & Ebner, H. (1979). Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologien (3. verbesserte Aufl.). Thun und Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch.

Clark, D. B., Nelson, B., Sengupta, P. & D'Angelo, C. (2009). Rethinking science learning through digital games and simulations: Genres, examples, and evidence. Paper presented at the National Research Council Workshop on Gaming and Simulations. Washington, DC. Online unter https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_080068.pdf

Clement, U. & Martens, B. (2000). Effizienter Lernen durch Multimedia? Probleme der empirischen Feststellung von Ursachen des Lernerfolges. Zeitschrift für Pädagogik, 46, 97-112.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement, 20(1), 37–46.

Collis, B. (2002). Information Technologies for Education and Training. In: Adelsberger, H., Collis, B. & Pawlowski, J. M. (Hrsg.), Handbook of information technologies for education and training (S. 1-20). Berlin, New York: Springer (International handbooks on information systems).

Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics. In: Resnick, L. B. (Hrsg.), Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser (S. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Conrad, D. (2011). Kirchenbau im Mittelalter: Bauplanung und Bauausführung (6. Aufl.). Leipzig: E. A, Seemann.

Creuznacher, I. C. (2009). Persönlichkeitsentfaltung zu unternehmerischen Kompetenzen in Schule und Universität: Eine bildungsökonomische Antwort auf theoretische Zielvorstellungen von Schumpeter. Marburg: Philipps-Universität. Online unter http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2009/0038/pdf/dicc.pdf.

Cyranek, G. (1978). Didaktische Kriterien für das Lernen durch Modellbildung und Simulation. In: Simon, H. (Hrsg.), Simulation und Modellbildung mit dem Computer im Unterricht. (S. 171-180). Grafenau: Lexika-Verlag.

D'Angelo, C. M., Rutstein, D. & Harris, C. J. (2016). Learning with STEM Simulations in the Classroom: Findings and Trends from a Meta-analysis. Educational Technology, 56(3), 58-61.

D'Angelo, C. M., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E. & Haertel, G. (2014). Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis (Executive Sum-

mary). Menlo Park, CA: SRI International. Online unter https://www.sri.com/sites/default/files/publications/simulations-for-stem-learning-executive-summary.pdf

Daly, H. E. (2002). Ökologische Ökonomie: Konzepte, Analysen, Politik. Discussion Paper FS-II 02-410. Berlin: Wissenschaftszentrum. Online unter http://bibliothek.wz-berlin.de/pdf/2002/ii02-410.pdf.

Dahl, J. (Hrsg.). (1965). Jugend der Maschinen: Bilder aus der Enzyklopädie von Diderot und d‘ Alembert (1751-1772). Ebenhausen: Verlag Langezwiesche-Brandt.

De Jong, T. & Von Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with Computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, 68(2), 179-201. Online unter https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3102/00346543068002179

De Vries, M. J. (1988). Proefschrift: Techniek in het natuurkunde-onderwijs. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-239.

Dedering, H. (2000). Einführung in das Lernfeld Arbeitslehre. München, Wien: Oldenbourg.

Dehnbostel, P. (1996). Lernorte in der Berufsbildung – Konzeptionelle Erweiterungen in der Modellversuchsreihe „Dezentrales Lernen“. In: Dehnbostel, P., Holz, H. & Novak, H. (Hrsg.), Neue Lernorte und Lernortkombinationen – Erfahrungen und Erkenntnisse aus dezentralen Berufsbildungskonzepten (S. 9-23). Bielefeld: Bertelsmann.

Dehnbostel, P. & Faber, H.-P. (1996). Lernortinnovationen in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung: Lernstationen bei der Audi AG, Ingolstadt. In: Dehnbostel, P., Holz, H. & Novak, H. (Hrsg.), Neue Lernorte und Lernortkombinationen – Erfahrungen und Erkenntnisse aus dezentralen Berufsbildungskonzepten (S. 170-184). Bielefeld: Bertelsmann.

Denissen, J. J., Zarrett, N. R. & Eccles, J. S. (2007). I like it to do it, I’m able, and I know I am: longitudinal couplings between domain-specific achievement, self-concept, and interest. Child Dev, 78, 430-447.

Derbolav, J. (1966). Das Selbstverständnis der Erziehungswissenschaft. In: Oppolzer, S. (Hrsg.), Ausgangspunkte wissenschaftlichen Denkens: Denkformen und Forschungsmethoden der Erziehungswissenschaft. Band 1: Hermeneutik Phänomenologie Dialektik Methodenkritik (S. 119-158). München: Franz Ehrenwirth Verlag.

Detzer, K. A. (1989). Diskussionsbeitrag. In: Technik und Verantwortung. Referate und Diskussionsbeiträge der gemeinsamen Tagungen der Akademie für Politische Bildung Tutzing und des Forums Zukunft e.V. am 22. und 23.09.1987 und am 15. und 16.09.1988 in Tutzing. Düsseldorf.

Deutsche Telekom Stiftung (Hrsg.). (2015). Schule digital. Online unter https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/schuledigital_2015_web.pdf

Deutscher Ausschuss (Deutscher Ausschuss für das Erziehungs- und Bildungswesen) (Hrsg.). (1964): Empfehlungen und Gutachten. Folge 7/8. Stuttgart.

Deutscher Bildungsrat (1970). Empfehlungen der Bildungskommission: Strukturplan für das Bildungswesen (2. Aufl.). Stuttgart: Klett.

Deutscher Bundestag (11.Wahlperiode). (1990). Schlussbericht der Enquete-Kommission: Zukünftige Bildungspolitik – Bildung 2000 (S. 1-148). Bonn.

Dewey, J. (1949). Demokratie und Erziehung: Eine Einleitung in die philosophische Pädagogik. Braunschweig: Westermann.

Diamandis, P. H. & Kotler, S. (2012). Überfluss: Die Zukunft ist besser, als Sie denken. Kulmbach: Börsenmedien AG.

Dijk van, T. A. (1980). Textwissenschaft: Eine interdisziplinäre Einführung. Tübingen: Niemeyer.

Dohmen, G. (1989). Bildung und Technik. In: Boehm, L. & Schönbeck, C. (Hrsg.), Technik und Bildung (S. 37-55). Düsseldorf: VDI Verlag.

Dolata, U. & Werle, R. (2007). »Bringing technology back in«: Technik als Einflussfaktor sozioökonomischen und institutionellen Wandels. In: Dolata, U. & Werle, R. (Hrsg.), Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung (S. 15-43). Frankfurt/Main: Campus Verlag.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.

Dörner, D. (1976). Problemlösen als Informationsverarbeitung. Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer.

Dostal, W. (2007). Phänomen Beruf: Neue Perspektiven. In: Oberliesen, R. & Schulz, H.D. (Hrsg.), Kompetenzen für eine zukunftsfähige arbeitsorientierte Allgemeinbildung (S. 45-89). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Draschoff, S. (2000). Lernen am Computer durch Konfliktindizierung. Münster: Waxmann Verlag.

Droste, M. (1990). Bauhaus 1919-1933. Köln: Taschenverlag.

Duismann, G. H. (2010). Technische Bildung. In: Kaiser, A., Schmetz, D., Wachtel, P. & Werner, B. (Hrsg.), Bildung und Erziehung (S. 206-210). Stuttgart: W. Kohlhammer.

Dutz, K., Meiners, R. & Reich, G. (2012). Die Integration der Technikbewertung in den Technikunterricht. In: Bienhaus, W. & Schlagenhauf, W. (Hrsg.), Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts: Strukturierung und Präzisierung (S. 178-197). Freiburg, Br.: DGTB.

Eberl, U. (2017). Smarte Maschinen: Wie künstliche Intelligenz unser Leben verändert (Bundeszentrale für politische Bildung, Bd. 10025). Bundeszentrale für politische Bildung: Bonn.

Ebert, W. (1995). Wissenschaft und Technik oder Ethik: Bildung als Beitrag zur Überwindung eines Widerspruchs. In: Zehetmair, H. (Hrsg), Wissens-Werte. Ethik und Wissenschaft, eine Wahlverwandtschaft im Widerspruch (S. 151-181). Starnberg: Verlag R. S. Schulz.

Eccles, J., Adler, T. F., Futterman, R., Goff, S. B., Kazala, C. M., Meece, J. L. & Midgley, C. (1983). Expectancies, values, and academic behaviours. In: Spence, J. D. (Hrsg), Achievement and achievement motivation (S. 75-146). San Francisco: W. H. Freeman.

Eckert, M. (2003). Technikdidaktik unter bildungstheoretischen Aspekten. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.), Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge (S. 164-177). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Edelmann, W. (2000). Lernpsychologie (6. vollständig überarb. Aufl.). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Eickelmann, B., Gerick, J. & Bos, W. (2014). Die Studie ICILS 2013 im Überblick: Zentrale Ergebnisse und Entwicklungsperspektiven. In: Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H. & Schippert, K. (Hrsg.), ICILS 2013: Computer- und Informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstuge im internationalen Vergleich (S. 9.31). Münster: Waxmann.

Engbring, D. (1995). Kultur- und technikgeschichtlich begründete Bildungswerte der Informatik. In: Schubert, S. (Hrsg.), Innovative Konzepte für die Ausbildung. 6. GI-Fachtagung „Informatik und Schule“, Chemnitz 1995. Informatik aktuell (S. 68-77). Berlin: Springer Verlag.

Engelbert, M. (1954). Stoff und Form: Leitfaden der Technischen Elementarerziehung. Berlin: Alfred Metzner Verlag.

European Union (2015). Public opinion on future innovations, science and technology. Aggregate report. Brussels: European Commission (Eurobarometer Qualitative Study). Online unter http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm

Europäischen Kommission (2013). Spezial Eurobarometer 40. Verantwortliche Forschung und Innovation, Wissenschaft und Technologie. Online unter http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/index.cfm

Europäische Kommission (2009). Festlegung von Leitlinien für die Verwaltung des gemeinschaftlichen Systems zum raschen Informationsaustausch, RAPEX, gemäß Artikel 12 und des Meldeverfahrens gemäß Artikel 11 der Richtlinie 2001/95/EG über die allgemeine Produktsicherheit (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K (2009) 9843.

Facaoaru, C. (1985). Kreativität in Wissenschaft und Technik: Operationalisierung von Problemlösefähigkeiten und kognitiven Stilen. Bern: Huber.

Fähnrich, H. (Hrsg.). (1972). Arbeitslehre in Sekundarstufe 1 Betriebserkundung (1. Aufl.). Hannover: Schroedel.

Fan, X. (2015). Effectiveness of an inquiry-based learning using interactive simulations for enhancing students’ conceptual understanding in physics. PhD Thesis, School of Education, The University of Queensland. Online unter https://doi.org/10.14264/uql.2015.1005

Fan, X. & Geelan, D. (2012). Integrating Information Technology and Science Education for the Future: A Theoretical Review on the Educational Use of Interactive Simulations. In: Pagram, J. & Newhouse, P. (Hrsg.), Proceedings of the 2012 Australian Computers in Education Conference. Online unter http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/48774/81112_1.pdf?sequence=1

Faulstich-Wieland, H. (1996). Das Betriebspraktikum. In: Dedering, H. (Hrsg), Handbuch zur arbeitsorientierten Bildung (S. 351-373). München, Wien: Oldenbourg.

Fauser, P. & Konrad, F.-M. (1989). Lern-Arbeit und praktisches Lernen: Ein schultheoretischer Beitrag zum Problem der Arbeitslehre. In: Fauser, P., Konrad, F.-M. & Wöppel, J. (Hrsg.), Lern-Arbeit. Arbeitslehre als praktisches Lernen (S. 295-325). Weinheim, Basel: Beltz.

Fehrenbach, F. (2006). Pathos der Funktion: Leonardos technische Zeichnungen. In: Schramm, H., Schwarte, L. & Lazardig, J. (Hrsg.), Instrumente in Kunst und Wissenschaft: Zur Architektonik kultureller Grenzen im 17. Jahrhundert (S. 84-113). Berlin: Walter de Gruyter.

Feldman, D. H. (1999). The Development of Creativity. In: Sternberg, R. J. (Hrsg.), Handbook of creativity (S. 169-186). Cambridge, U. K., New York: Cambridge University Press.

Fiebig, E. (2010). Technikzugang, Technikhaltung und Berufsorientierung bei Schülerinnen und Schülern: Ein Berufsinformationsprojekt. Dissertation Technische Universität München 2010. Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang.

Fink, E. (1965). Zur Bildungstheorie der technischen Bildung. In: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen: Vorträge und Aufsätze (S. 33-50). Hannover: Hermann Schroedel Verlag KG.

Fischer, D. & Bosse, D. (2013). Das Tagebuch als Lern- und Forschungsinstrument. In: Boller, H., Langer, A. & Friebertshäuser, B. (Hrsg.), Handbuch qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft (4., durchges. Aufl.) (S. 871-886). Weinheim: Juventa-Verlag.

Fischer, M. (2000). Arbeitsprozesswissen von Facharbeitern. In: Pahl, J.-P., Rauner, F. & Spöttl, G. (Hrsg.), Berufliches Arbeitsprozesswissen: Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften (S. 31-47). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.

Fischer, P. (2004). Philosophie der Technik (1. Aufl.). München: Wilhelm Fink.

Fitts, P. M. & Posner, M. I. (1967). Human Performance. Belmont, CA: Brooks Cole.

Freud, S. (1974). Abriss der Psychoanalyse: Das Unbehagen in der Kultur. Frankfurt am Main: Fischer-Taschenbuch-Verlag.

Flachenecker, H. (1996). Handwerkliche Lehre und Artes mechanicae. In: Lindgren, Uta (Hrsg): Europäische Technik im Mittelalter: 800 bis 1400; Tradition und Innovation (S. 493-502). Berlin: Mann.

Fleßing, G. (1967). Hinweise zum Werkunterricht in den Klassen 1 bis 3. Berlin: Volk und Wissen, VEB.

Flick, U. (2017). Design und Prozess qualitativer Forschung. In: Flick, U., Von Kardorff, E. & Steinke, I. (Hrsg.), Qualitative Forschung: Ein Handbuch (12. Aufl.) (S. 252-265). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Flick, U. (2011). Qualitative Forschung. Eine Einführung. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.

Flintner, A. (2001). Reform der Erziehung. Weinheim, Basel: Beltz.

Føllesdal, D., Walløe, L. & Elste, J. (1988). Rationale Argumentation: Ein Grundkurs in Argumentations- und Wissenschaftstheorie. Berlin, New York: de Gruyter.

Francis, D. & Stephens, A. (Hrsg.). English Learners in STEM Subjects: Transforming Classrooms, Schools, and Lives. Washington DC: National Academies Press.

Frankiewicz, H. (1967). Werkunterricht im Rahmen der Polytechnischen Bildung. In: Kaufmann, F. & Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt (S. 54-68). Stuttgart: Ernst Klett.

Franz, J. H. (2017). Das Technikverständnis des Nikolaus von Kues aus philosophischer Sicht: Vortrag im Rahmen der Cusanus-Festakademie und des Jahresfestes der Akademie Kues in Bernkastel-Kues, 1. Dezember. Online unter https://www.aphin.de/data/franz-vortrag-01-12-2017.pdf

Frenz, T. (1997). Die Ausbildung in den „artes mechnicae“ im Mittelalter. In: Max, L. (Hrsg.), Berufliche Bildung – Geschichte, Gegenwart, Zukunft. In Zusammenarbeit mit der Akademie für Lehrerfortbildung, Dillingen (S. 101-112). Bad Heilbrunn-Obb: J. Klinkhardt.

Freihofer (1862). In: Schmid, K. A., Palmer, C. & Wildermuth, J.- D. (Hrsg.), Enzyklopädie des gesamten Erziehungs- und Unterrichtswesens (3.Band) (S. 255-263). Gotha: Verlag Rudolf Besser.

Frey, K. (2007). Die Projektmethode: Der Weg zum bildenden Tun (1. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Fricke, R. (1991). Zur Effektivität computer- und videounterstützter Lernprogramme. In: Beiheft der Zeitschrift für Empirische Pädagogik, 5(2), 167-204.

Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2005). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In: Mandl, H & Friedrich, H. F. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 1-23). Göttingen u.a.: Hogrefe Verlag.

Friedman, T.L. (2005).The world is flat. The globalized world in the twenty-first century. London: Penguin books.

Fromme, J., Jörissen, B. & Unger, A. (2008). Bildungspotenziale digitaler Spiele und Spielkulturen. In: Medien Pädagogik. Computerspiele und Videogames in formellen und informellen Bildungskontexten, 15 (16). Online unter http://www.medienpaed.com/globalassets/medienpaed/15-16/fromme0812.pdf

Funke, J. & Zumbach, J. (2006). Problemlösen. In: Mandl, H & Friedrich, H. F. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 206-220). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Gagné, R. M. (2011). Die Bedingungen des menschlichen Lernens (5. Aufl.). Hannover: Waxmann.

Gallee, M. A. (2003). Bausteine einer abduktiven Wissenschafts- und Technikphilosophie: Das Problem der zwei „Kulturen“ aus methodologischer Perspektive. Münster, Hamburg, London: LIT Verlag.

Garmire, E. & Pearson, G. (Hrsg.). Tech tally: Approaches to assessing technological literacy. National Academy of Engineering and National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press. Online unter https://www.nap.edu/catalog/11691/tech-tally-approaches-to-assessing-technological-literacy

Gatt, S. (2016). Simulative Elemente in der technischen Bildung. Eine vergleichende Studie im Technikunterricht an Mittelschulen. Unveröffentlichte Masterarbeit. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt.

Gaycken, S. L. S. (2010). Technisches Wissen: Denken im Dienste des Handelns. Berlin: LIT Verlag.

Gehlen, A. (1950). Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt. Bonn: Athenäum-Verlag.

Gehlen, A. (1956). Urmensch und Spätkultur: philosophische Ergebnisse und Aussagen. Bonn: Athenäum-Verlag.

Gehring, P. & Richter, P. (2018). Das Phänomen "Technik" und seine Didaktik - philosophische Perspektive. In: Zinn. B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (1. Aufl.) (S. 29-38). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) e.V. (2018). Fachliche Bildung in der digitalen Welt: Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik. Online unter http://www.fachdidaktik.org/wp-content/uploads/2018/07/GFD-Positionspapier-Fachliche-Bildung-in-der-digitalen-Welt-2018-FINAL-HP-Version.pdf

Gesellschaft für Informatik (2008). Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. erarbeitet vom Arbeitskreis »Bildungsstandards« Beilage zu LOG IN, 28 (150/151). Online unter https://informatikstandards.de/fileadmin/GI/Projekte/Informatikstandards/Dokumente/bildungsstandards_2008.pdf

Gibbs, G. I. (1974). Handbook of Games and Simulation Exercises. London: Routledge.

Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1967). The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. London: Weidenfeld and Nicolson.

Glaser, B. G. (1978). Theoretical sensitivity: Advances in the methodology of grounded theory. Mill Valley, CA: Sociology Press.

Glöckel, H. (1990). Unterricht in der Spannung zwischen Sachanspruch, Schülergemäßheit und

pädagogischem Auftrag. In: Beckmann, H.-K. & Fischer, W. L. (Hrsg.), Herausforderungen der Didaktik. Zur Polarität von Schüler- und Sachorientierung im Unterricht (S.33-50). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Glöckler, M. (2014). Simulation mechatronischer Systeme: Grundlagen und technische Anwendung. Wiesbaden: Springer Verlag Vieweg.

Glotzbach, U. (2013). Wie kann man Technik darstellen? Wie werden Technikdarstellungen verstanden? In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technisches Wissen: Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert (S. 81-119). Berlin, Heidelberg: Springer. Online unter https://www.acatech.de/Publikation/technologisches-wissen-entstehung-methoden-strukturen/

Grafe, S. (2008). Förderung von Problemlösefähigkeit beim Lernen mit Computersimulationen: Grundlagen und Schulische Anwendungen. Verlag Julius Klinkhardt: Bad Heilbrunn.

Graube, G. (2014). Wissenschaft und Technik: Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. In: Journal of technical Education (JOTED), 2 (1), 129-148.

Greinert, W.-D. (1998). Das „deutsche System“ der Berufsausbildung: Geschichte, Organisation, Perspektiven (3. Aufl.). Baden-Baden: Nomos.

Greinert, W.-D. (2000). Organisationsmodelle und Lernkonzepte in der beruflichen Bildung, Baden-Baden: Nomos-Verlag.

Greinert, W.-D. (2006). Geschichte der Berufsausbildung. In: Arnold, R. (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung. Unter Mitarbeit von Antonius Lipsmeier (2. überarbeitete und aktualisierte Aufl.) (S. 499-508). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.

Groth, G. (1968). Zur Didaktik der Arbeitslehre. In: Blankertz, H. (Hrsg.), Arbeitslehre in der Hauptschule (S.53-90). Essen: Neue-Deutsche-Schule-Verl.-Ges.

Groth, G. (1995). Techno-ökonomische Kreativität – Möglichkeiten und Grenzen der Aufarbeitung von Erfahrungen im Unterricht. In: Albers, H.-J. (Hrsg.), Handlungsorientierung und ökonomische Bildung (Bd. 15) (S.75-92). Bergisch Gladbach: Hobein.

Grote, K.-H., Engelmann, F. & Beitz, W. (2012). Entwicklung und Konstruktion. In: Czichos, H. & Hennecke, M. (Hrsg.), Das Ingenieurwissen. Akademischer Verein Hütte e.V. (34. Auflage) (S. K1-K99). Berlin, Heidelberg: Springer.

Grundmann, T. (2008). Analytische Einführung in die Erkenntnistheorie. Berlin, New York: Walter De Gruyter.

Grüner, G. (1960). Die gewerbliche Berufsfachschule: Begriff – Idee – Gestalt (Berufspädagogische Beiträge, Bd. 11). Braunschweig: Westermann.

Grüner, G. (1967). Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. In: Die Deutsche Schule, 59 (7/8), 191-204.

Grunwald, A. (2002). Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin: Edition Sigma.

Grunwald, A. (2006a). Technisches Handeln. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften (S. 57-70). Berlin: edition sigma.

Grunwald, A. (2006b). Bewertungs- und Auswahlmethoden. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg), Erkennen und Gestalten: Eine Theorie der Technikwissenschaften (S. 160-175). Berlin: edition sigma.

Grunwald, A. (2007). Technikdeterminismus oder Sozialdeterminismus: Zeitbezüge und Kausalverhältnisse aus der Sicht des »Technology Assessment«. In: Dolata, U. & Werle, R.

(Hrsg.), Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung (S.63-82). Frankfurt/Main: Campus Verlag.

Grupp, H. (1994). Einordnung der Methoden der Technikfolgenabschätzung in das Gefüge der Wissenschaften. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.), Technikfolgenabschätzung (TA) (S.55-86). Stuttgart: Teubner Verlag.

Gruschka, A. (2009). Erkenntnis in und durch Unterricht: Empirische Studien zur Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie für die Didaktik. Wetzlar: Büchse der Pandora.

Gudjons, H. (1986). Was ist Projektunterricht? In: Bastian, J. & Gudjons, H. (Hrsg.), Das Projektbuch. Theorie – Praxisbeispiele – Erfahrungen (1. Aufl.) (S.14-27). Hamburg: Bergmann + Helbig Verlag.

Gudjons, H. (1999). Pädagogisches Grundwissen (6. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.

Gudjons, S., Teske, R. & Winkel, R. (Hrsg.) (1991). Unterrichtsmethoden: Grundlegung und Beispiele (3. Aufl.). Hamburg: Bergmann + Helbig Verlag.

Guilford, J. P. (1973). Kreativität. In: Mühle, G. & Schell, C. (Hrsg.), Kreativität und Schule: Texte (3. Aufl.) (S.7-36). München: Piper.

Guy, R. S. & Lownes-Jackson, M. (2015). The use of computer simulation to compare student performance in traditional versus distance learning environments. In: Issues in Informing Science and Information Technology, 12, 95-109. Online unter http://iisit.org/Vol12/IISITv12p095-109Guy1767.pdf

Güdel, K. (2014). Technikaffinität von Mädchen und Jungen der Sekundarstufe I. Thèse de doctorat: Universität Genève, no. C. 4688. Online unter: https://archive-ouverte.unige.ch/unige:41471

Güttler, P. O. (2003). Sozialpsychologie: Soziale Einstellungen, Vorurteile, Einstellungsänderungen. München, Wien: R. Oldenburg.

Habermas, J. (1969). Technik und Wissenschaft als Ideologie (3. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Hacker, W. (1996). Diagnose von Expertenwissen, Sitzungsberichte der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Pädagogisch-historische Klasse, 134 (6). Berlin: Akad. Verlag.

Hacker, W. (1998). Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten (1. Aufl.). Bern: H. Huber.

Hackl, W. (2012). Erfahrung aus der Feldarbeit: Methodisches Wissen abseits des Lehrbuchs. In: Stigler, S. & Reicher, H. (Hrsg.), Praxisbuch Empirische Sozialforschung: In den Erziehungs- und Bildungswissenschaften (2. Aufl.) (S. 185-195). Innsbruck: Studien Verlag.

Harari, Y. N. (2017). Homo deus. Eine Geschichte von Morgen. Sonderausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung. Bonn.

Hartmann, E., Kussmann, M. & Scherweit, S. (2008). Technik und Bildung in Deutschland – Technikunterricht in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen: Dokumentation und Analyse (VDI-Report 38). Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e. V.

Hashagen, U. (2003). Walther von Dyck (1856-1934): Mathematik, Technik und Wissenschaftsorganisation an der TH München. Stuttgart: Steiner-Verlag.

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2013). Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren (3., vollständig überarb. und erweiterte Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2017). Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren (4. aktualisierte Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Hattie, J. A. C. (2009). Visible Learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London & New York: Routledge.

Häder, M. (2010). Empirische Sozialforschung: Eine Einführung (2. Überarb. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Heather. W. (1982). Entstehung und Entwicklung der technischen Wissenschaften. Leipzig: Verlag Mir; VEB Fachbuchverlag Leipzig.

Heather, P. (2011). Der Untergang des römischen Weltreichs (2. Aufl.). Reinbeck: Rowohlt Verlag.

Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2018). Motivation und Handeln: Einführung und Überblick. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.), Motivation und Handeln (5. Überarb. und erw. Aufl.) (S. 1-12). Berlin: Springer.

Heering, P. (2009). Elektrische Experimente in der Salonkultur des 18. Jahrhunderts. In: Fansa, M. (Hrsg.), Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft; Begleitband zur Sonderausstellung "Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft" im Augusteum (S. 158-168). Oldenburg. Mainz am Rhein: von Zabern.

Heidegger, M. (1962). Die Technik und die Kehre. Pfullingen: Neske.

Heimann, P. (1962). Didaktik als Theorie und Lehre. In: Die Deutsche Schule, 54, 407-427.

Heller, K. A. (2018). Psychologische Konzepte der Kreativität in Wissenschaft und Technik. In: Haas, R.; Jeretin-Kopf, M. & Wiesmüller, C. (Hrsg.), Technische Kreativität. Interdisziplinäre Aspekte der kreativen Technikgestaltung (Technik und Technischer Bildung, Bd. 2) (S. 1-40). Stuttgart: Steinbeis-Edition.

Helmrich, R., Zika, G., Kalinowski, M., Wolter, M. I., Bott, P., Bremser, F., Drosdowski, T., Hänisch, C., Hummel, M., Maier, T. & Schandock, M. (2012). Engpässe auf dem Arbeitsmarkt: Geändertes Bildungs- und Erwerbsverhalten mildert Fachkräftemangel: neue Ergebnisse der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis zum Jahr 2030. BIBB Report. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Hemmer, I. & Köck, M. (2004). Die Automacher – Fachübergreifende Erkundung eines Industriebetriebs. In: Lernchancen: Außerschulische Lernorte, 7(40), 30-44.

Henseler, K. & Höpken, G. (1996). Methodik des Technikunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hering, D. (1959). Zur Faßlichkeit naturwissenschaftlicher und technischer Aussagen: Eine Einführung in das Problem der Wissenschaftlichkeit und Faßlichkeit der Aussagen im naturwissenschaftlichen und technischen Unterricht (Beiträge zur Theorie und Praxis der Berufsausbildung, Heft 2). Berlin: Volk und Wissen.

Herkner, V. (2008). 100 Jahre Ordnung in der Berufsbildung – Vom Deutschen Ausschuss für Technisches Schulwesen (DATSCH) zum Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.), 100 Jahre Ordnung in der Berufsbildung. Vom deutschen Ausschuss für Technisches Schulwesen - DATSCH zum Bundesinstitut für Berufsbildung - BIBB: Jubiläumsveranstaltung, 8. 12. 2008 (S. 71-98). Berlin, Deutsches Technikmuseum. Bielefeld: Bertelsmann. Online unter http://www.bibb.de/dokumente/pdf/12pr_dokumentation_datsch_vortrag_herkner_081208.pdf

Herrlitz, H.-G., Hopf, W., Titze, H. & Cloer, E. (2005). Deutsche Schulgeschichte von 1800 bis zur Gegenwart. Eine Einführung (4. aktual. Aufl.). Weinheim, München: Juventa Verl.

Herzig, B. (2014). Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht? Gütersloh: Bertelsmann. Online unter: https://www.bertelsmann-stif-tung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Wirksam-keit_digitale_Medien_im_Unterricht_2014.pdf

Herzig, B. & Grafe, S. (2011). Wirkungen digitaler Medien. In: Albers, C., Magenheim, J. & Meister, D. (Hrsg.). Schule in der digitalen Welt: Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven (1. Aufl.) (Medienbildung und Gesellschaft, Bd. 8) (S. 67-95). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Heusinger, J. H. G. (1799). Über die Benutzung des bei Kindern so thätigen Triebes beschäftigt zu seyn (2. Aufl.). Gotha.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe: Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann.

Hinz, R. (1991). Pestalozzi und Preußen: Zur Rezeption der Pestalozzischen Pädagogik in der preußischen Reformzeit (1806/07-1812/13). Frankfurt am Main: Haag + Herchen Verlag.

Hoffmann, E. (1962). Zur Geschichte der Berufsausbildung in Deutschland. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Holg, J. N. (1863). Die Handwerks-Gesellen- u. männliche Central-Feiertags-Schule in München. München: F. Straub.

Holland, J.L. (1973). Making vocational choices. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Holm; F. & Ramge, T. (2009). Marke Eigenbau: Der Aufstand der Massen gegen die Massenproduktion. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.

Holzmüller, G. (1903). Gewerbeschulen, besonders höher organisiert. In: Rein, W. (Hrsg.): Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik (2. Aufl., 1. Band) (S. 567-576). Langensalza: Hermann Beyer & Söhne.

Honey, M. A. & Hilton, M. L. (Hrsg.). (2011). Learning Science Through Computer Games and Simulations. National Academies Press.

Horn-von Nispen, M.-L. (1999). 400.000 Jahre Technikgeschichte: Von der Steinzeit bis zum Informatikzeitalter. Darmstadt: Primus Verlag.

Horner, A. & Klebel, H. (1992). Die Betriebserkundung im Unterricht der Hauptschule (1. Aufl.). Donauwörth: Auer.

Hopf, C. & Schmidt, C. (Hrsg.). (1993). Zum Verhältnis von innerfamilialen sozialen Erfahrungen, Persönlichkeitsentwicklung und politischen Orientierungen: Dokumentation und Erörterung des methodischen Vorgehens in einer Studie zu diesem Thema. Hildesheim. Online unter https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/45614

Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (Hrsg.). (2003). Standards für eine allgemeine technische Bildung: Inhalte technischer Bildung. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.

Hubig, C. (1993a). Technik und Wissenschaftsethik: Ein Leitfaden. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Hubig, C. (1993b). Technikbewertung auf Basis einer Institutionenethik. In: Lenk, H. & Ropohl, G. (Hrsg.), Technik und Ethik (S. 282-307). Stuttgart: Philipp Reclam jun.

Hubig, C. & Jelden, E. (1994). Werkzeuge, Maschinen und Systeme – Leben in der Technik. In: Deutsches Institut für Fernstudienforschung an der Universität Tübingen (Hrsg.), Funkkolleg Technik. Einschätzen-beurteilen-bewerten. Studieneinheit 1. Tübingen: Beltz Verlag.

Hubig, C. (1995). Technikbewertung in Unternehmen. In: Deutsches Institut für Fernstudienforschung an der Universität Tübingen (Hrsg.), Funkkolleg Technik. Einschätzen-beurteilen-bewerten. Studieneinheit 19.Tübingen: Beltz Verlag.

Hubig, C. (2013): Leistung und Grenzen der Virtualität beim Wissenserwerb. In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technisches Wissen: Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert (S. 211-225). Berlin, Heidelberg: Springer. Online unter https://www.acatech.de/Publikation/technologisches-wissen-entstehung-methoden-strukturen/

Hubwieser, P. & Broy, M. (1997). Grundlegende Konzepte von Informations- und Kommunikationssystemen für den Informatikunterricht. In: Hoppe, H. U. & Luther, W. (Hrsg.), Informatik und Lernen in der Informationsgesellschaft. 7. GI-Fachtagung „Informatik und Schule“, Duisburg. Informatik aktuell (S.40-50). Berlin: Springer Verlag.

Hubwieser, P. (2007). Didaktik der Informatik (3. Aufl.). Heidelberg, New York: Springer.

Humbert, L. & Schubert, S. (2002). Fachliche Orientierung des Informatikunterrichts in der Sekundarstufe II. Universität Dortmund. Report Nr. 771. Online unter https://www.researchgate.net/publication/266454547_Fachliche_Orientierung_des_Informatikunterrichts_in_der_Sekundarstufe_II

Humbert, L. (2006). Didaktik der Informatik: Mit praxiserprobtem Unterrichtsmaterial (2. Aufl.). Wiesbaden: Teubner.

Huntington, S. P. (1996). Der Kampf der Kulturen. München, Wien: Europaverlag.

Huning, A. (1988). Technik und das System der Bedürfnisse. In: Bungard, W. & Lenk, H. (Hrsg.), Technikbewertung: Philosophische und psychologische Perspektiven (1. Aufl.) (S.46-57). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Hupka, V. (1984). Theorie Technischer Systeme. Berlin: Springer.

Hüttner, A. (2018). Förderung von Kreativität im Technikunterricht der Sekundarstufe. In. Haas, R.; Jeretin-Kopf, M. & Wiesmüller, C. (Hrsg.). Technische Kreativität: interdisziplinäre Aspekte der kreativen Technikgestaltung (Technik und technische Bildung, Bd. 2) (S. 122-166). Stuttgart: Steinbeis-Edition.

Iwanow, B. I. & Tscheschew, W. W. (1982). Entstehung und Entwicklung der technischen Wissenschaften. Leipzig: Verlag Mir.

Jakobs, E.-M., Schindler, K. & Straetmans, S. (2005). Technophil oder technophob? Eine Studie zur alterspezifischen Konzeptualisierung von Technik. Aachen: Institut für Sprach- und Kommunikationswissenschaft.

Jakobs, E.-M. & Ziefle, M. (2009). Wege zur Technikfaszination: Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte. Berlin: Springer. Online unter https://www.acatech.de/Publikation/wege-zur-technikfaszination/

Jacobsson, J. K. G. (1781/95). Technologisches Wörterbuch oder alphabetische Erklärung aller nützlichen mechanischen Künste, Manufakturen, Fabriken und Arbeiten, Instrumente, Werkzeuge und Kunstwörter, nach ihrer Beschaffenheit und wahrem Gebrauche. Th. 1-8. Berlin, Stettin.

Jahnes, S. (1998). Umweltorientierte Produktgestaltung. In: Winter, G. (Hrsg.): Das umweltbewußte Unternehmen. Die Zukunft beginnt heute (S. 937-958). München: Verlag Franz Vahlen.

Janich, P. (1996). Konstruktivismus und Naturerkenntnis: Auf dem Weg zum Kulturalismus.

Frankfurt am Main: Suhrkamp.
Janich, P. (2006). Kultur und Methode. Philosophie in einer wissenschaftlich geprägten Welt. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
Jank, W. & Meyer, H. (2003). Didaktische Modelle (6. Aufl.). Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
Janneck, M., Vincent-Höper, S. & Othersen, I. (2012). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zum Technikbezogenen Selbstkonzept (TSK): Eine gendersensitive Studie in Gruppendynamik und Organisationsberatung, 43, 289-310.
Jenewein, K. (2002). Kompetenzentwicklung in Unternehmensprozessen – zur aktuellen Ausgangslage. In: Jenewein, K., Knauth, P. & Zülch, G. (Hrsg.). Kompetenzentwicklung in Unternehmensprozessen (S. 10-16). Aachen: Shaker Verlag.
Jeretin-Kopf, M. & Haas, R. (2018): Emotionen und technische Kreativität. In: Haas, R.; Jeretin-Kopf, M. & Wiesmüller, C. (Hrsg.), Technische Kreativität: interdisziplinäre Aspekte der kreativen Technikgestaltung. (Technik und technische Bildung, Bd. 2) (S. 198-231). Stuttgart: Steinbeis-Edition.
Jischa, M. F. (2012). Technikfolgenabschätzung lehren – Seit wann, warum und wie? In: Dusseldorp, M. (Hrsg.). Technikfolgen abschätzen lehren. Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden (S. 63-78). Wiesbaden: Springer VS.
Jobst, E. (1995). Technikwissenschaften, Wissensintegration, interdisziplinäre Technikforschung: Eine Problemstudie. Frankfurt am Main: Gesellschaft zur Förderung arbeitsorientierter Forschung und Bildung.
Jobst, E. (2006). Allgemeine Probleme technikwissenschaftlicher Erkenntnis. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (2006) (Hrsg), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. (S. 184-194). Berlin: edition sigma.
Joerges, B. (1988). Gerätetechnik und Alltagshandeln. In: Joerges, B. (Hrsg.). Technik im Alltag (S. 20-50). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
Jolie, S., Katzky, U., Bredl, K., Kappe, F. & Krause, D. (2013). Lernen mit Simulationen und simulierten Welten. In: Schaffert, S. & Ebner, M. (Hrsg.), Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T) (2. Aufl.) (S. 257-263). Berlin: epubli.
Jonas, F. (1960). Sozialphilosophie der industriellen Arbeitswelt. Stuttgart: Enke.
Jonassen, D. H. (2000). Toward a Design Theory of Problem Solving. Educational Technology Research and Development, 48(4), 63-85.
Jong, T. D. & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. Review of Educational Research, 68(2), 179–201. Online unter https://doi.org/10.3102/00346543068002179
Jordan, P. W. (1998). An introduction to usability. London: Taylor & Francis Ltd.
Josten, M. & van Elkan, M. (2010). Unternehmergeist in die Schulen?! Ergebnisse aus der Inmit-Studie zu Entrepreneurship Education-Projekten an deutschen Schulen. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Online unter https://oekonomische.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/oekonomische.bildung-rp.de/Informationsmaterial/Ergebnisse_INMIT-Studie.pdf
Joyce, B. R., Weil, M. & Calhoun, E. (2000): Models of teaching (6th ed.). Boston: Allyn and Bacon.
Jünger, F. G. (1946). Die Perfektion der Technik. Frankfurt am Main: Vittorio Klostermann.

Kaiser, F-J. (1976a). Entscheidungstraining. Die Methoden der Entscheidungsfindung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kaiser, F.-J. (1976b). Grundkonzeptionen zur Arbeitslehre. In: Neugebauer, W. (Hrsg.). Wirtschaft I. Unterrichten in Wirtschaftslehre. Fachdidaktisches Studium in der Lehrerbildung (1. Band, 1. Aufl.) (S. 90-108). München.

Kaiser, F.-J. (Hrsg.). (1983). Die Fallstudie. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

Kaiser, F.-J. & Kielich, H. (Hrsg.). (1971). Theorie und Praxis der Arbeitslehre. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kaiser, F.-J. & Kaminski, H. (1999). Methodik des Ökonomie-Unterrichts. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Kahlert, J. (2004). Simulation technischer Systeme: Eine beispielorientierte Einführung (1. Aufl.). Wiesbaden: Vieweg.

Kahlert, J. (2005). Umweltbildung. In: Sander, W. (Hrsg.). Handbuch politische Bildung (3. überarbeitete Aufl.) (S. 430-441). Schwalbach am Taunus: Wochenschau-Verlag.

Kallinich, J. (2003). Die Botschaft der Dinge ist eine Botschaft über den Menschen. In: Kallinich, J. & Bretthauer, B. (Hrsg.), Botschaft der Dinge. Eine Publikation der Museumsstiftung Post und Telekommunikation (S. 7). Berlin: Edition Braus.

Kant, I. (1990). Kritik der reinen Vernunft (2. Aufl.). Hamburg: Felix Meiner.

Karafyllis, N. C. (2009). Homo faber / Technik. In: Bohlken E. & Thies C. (Hrsg.). Handbuch Anthropologie: Der Mensch zwischen Natur, Kultur und Technik (S. 340-344). Stuttgart: J. B. Metzler.

Kardorff von, E. (2015). Qualitative Evaluationsforschung. In: Flick, U., Kardorff von, E. & Steinke, I. (Hrsg.), Qualitative Forschung: Ein Handbuch (11. Aufl.) (S. 238-250). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuchverlag.

Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C. & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG: Beiträge 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (S. 194-199). Online unter https://www.zmms.tu-berlin.de/fileadmin/f25/dokumente/8BWMMS/13.3-Karrer.pdf

Kaufmann, F.; Meyer, E. (Hrsg.). (1967). Werkerziehung in der technischen Welt. Stuttgart: Ernst Klett.

Keil-Slawik, R. (2003). Technik als Denkzeug: Lerngewebe und Bildungsinfrastrukturen. In: Keil-Slawik, R. & Kerres, M. (Hrsg.), Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung (S. 13-29). München u. a.: Waxmann.

Kell, A. (1974). Didaktische Matrix – Konkretisierung des didaktischen Strukturgitters für den Arbeitslehreunterricht. In: Blankertz, H (Hrsg.), Curriculumforschung – Strategien, Strukturierung, Konstruktion (4. Aufl.) (Neue pädagogische Bemühungen, Bd. 46) (S.35-52). Essen: Neue Dt. Schule-Verl.-Ges.

Kell, A. (1983). Das Berechtigungswesen zwischen Bildungs- und Beschäftigungssystem. In: Lenzen, D. (Hrsg.), Sekundarstufe II - Jugendbildung zwischen Schule und Beruf. Unter Mitarbeit von Agi Schründer (Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Bd. 9) (S. 289-320). Stuttgart: Ernst Klett.

Kelle, U. & Kluge, S. (2010). Vom Einzelfall zum Typus: Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung (2. Aufl.) (Qualitative Sozialforschung, Bd. 4). Wiesbaden: VS Verlag.

Kelle, U. & Erzberger, C. (2015). Qualitative und quantitative Methoden: Kein Gegensatz. In:

Flick, U., von Kardorff, E. & Steinke, I. (Hrsg.), Qualitative Forschung: Ein Handbuch (12. Aufl.) (S. 299-309). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuchverlag.

Keller, J. A. & Novak, F. (2007). Herders pädagogisches Wörterbuch. Erfstadt: Verlag HOHE GmbH.

Kerbs, D. (1976). Historische Kunstpädagogik: Quellenlange, Forschungsstand, Dokumentation. Köln: DuMont.

Kerres, M. (2001). Multimediale und telemediale Lernumgebungen, Konzeption und Entwicklung. München: Oldenbourg.

Kerres, M. (2003). Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung. In: Keil-Slawik, R. & Kerres, M. (Hrsg.), Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung (S. 31-44). München u.a.: Waxmann.

Kerres, M., Bormann, M. & Vervenne, M. (2009). Didaktische Konzeption von Serious Games: Zur Verknüpfung von Spiel- und Lernangeboten. Medienpädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 1-16. Online unter http://www.medienpaed.com/article/viewFile/194/194

Kerschensteiner, G. (1900). Die zukünftige Ausgestaltung des gewerblichen Erziehungswesens (Fortbildungs- und Fachschulen) in München. Allgemeine Handwerker Zeitung, 18, 37-54.

Kerschensteiner, G. (1904). Berufs- oder Allgemeinbildung? In: Kerschensteiner, G. (Hrsg.), Grundfragen der Schulorganisation.: Eine Sammlung von Reden, Aufsätzen und Organisationsbeispielen (2. Aufl.) (S. 23-43). Leipzig und Berlin: Teubner.

Kerschensteiner, G. (2010). Begriff der Arbeitsschule: Nachdruck des reformpädagogischen Leitfadens von 1912. Bremen: Europäischer Hochschulverlag.

Kintzinger, M. (2003). Wissen wird Macht: Bildung im Mittelalter. Ostfildern: Jan Thorbecke Verlag.

Kintzinger, M. (2008). Jugend an der Schwelle: Lehre und Handwerk im späten Mittalalter. In: Jahrbuch für historische Bildungsforschung (S. 117-135). Bad Heilbrunn, Obb: Klinkhardt.

Kiper, H. (2001). Einführung in die Schulpädagogik. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Kiel E. (2018). Schlüsselprobleme weiter denken! In: Braun, K.H.; Stübig F. & Stübig H. (Hrsg), Erziehungswissenschaftliche Reflexion und pädagogisch-politisches Engagement (S. 108-123). Wiesbaden: Springer VS.

Kiesel A. & Koch, I. (2011). Motorisches Lernen und Fertigkeitserwerb. In: Dresler, M. (Hrsg.), Kognitive Leistungen. Intelligenz und mentale Fähigkeiten im Spiegel der Neurowissenschaften (S. 107-121). Heidelberg: Spektrum, Akad. Verl.

Klafki, W. (1967). Die Einführung in die Arbeits- und Wirtschaftswelt und ihre gesellschaftlich-politische Bedeutung als Aufgabe der Volksschuloberstufe. In: Klafki, W., Kiel, G. & Schwerdtfeger, J. (Hrsg.), Die Arbeits- und Wirtschaftswelt im Unterricht der Volksschule und des Gymnasiums (2. Aufl.) (S. 14-70). Heidelberg: Quelle & Meyer.

Klafki, W. (1985). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim, Basel: Beltz.

Klafki, W. (1994). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Klein, H. (1962). Polytechnische Bildung und Erziehung in der DDR. Hamburg: Rohwolt.

Klein, U. (Hrsg.). (1990). PETRA, Projekt- und transferorientierte Ausbildung, Grundlagen, Beispiele, Planungs- und Arbeitsunterlagen (2. Aufl.). Berlin und München: Siemens Aktiengesellschaft.

Klemm, F. (1983). Perpetuum mobile: Ein „unmöglicher“ Menschheitstraum. Dortmund: Harenberg.

Klemm, F. (1989). Geschichte der Technik: Der Mensch und seine Erfindungen im Bereich des Abendlandes. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Klenk, G. (2001). Experten befragen. In: Schweizer, G. & Selzer, H.M. (Hrsg.), Methodenkompetenz lehren und lernen: Beiträge zur Methodendidaktik in Arbeitslehre, Wirtschaftslehre, Wirtschaftsgeographie (S. 89-94). Dettelbach: J.H. Röll.

Klika, D. (2007). Fächerwahl im Lehramtsstudium: Zementierung der Geschlechtersegregation. In: Borst, E. & Casale, R. (Hrsg.), Ökonomien der Geschlechter (S. 103-116). Opladen & Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich.

Klöckner, K. (1950). Formendes Werken als Aufgabe musischer Erziehung. In: Weismantel, L. & Hilker, F. (Hrsg.), Musische Erziehung, Vorträge, Berichte und Ergebnisse des Kunstpädagogischen Kongresses in Fulda 1949 (S. 170-174). Stuttgart: Ernst Klett.

Kluge, A. & Zysno, P. V. (1993). Teamkreativität. München: Minerva.

Knabe, K. (1908a). Realschule. In: Rein, W. (Hrsg.), Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik (2. Aufl., 7. Band) (S. 239-243). Langensalza: Hermann Beyer & Söhne.

Knabe, K. (1908b). Realschulwesen in Deutschland. In: Rein, W. (Hrsg.), Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik (2. Aufl., 7. Band) (S. 243-289). Langensalza: Hermann Beyer & Söhne.

Knobloch, E. (1996). Technische Zeichnungen. In: Lindgren, U. (Hrsg.), Europäische Technik im Mittelalter: 800 bis 1400; Tradition und Innovation (S. 45-64). Berlin: Mann.

Knolle, H. W. & Rehrmann, K. F. (1971). Didaktische Strukturen des Werkunterrichts. Band I: Grundlagen und Perspektiven. Hannover: Schroedel Verlag.

Koch, J. & Selka, R. (1991). Leittexte – ein Weg zu selbstständigen Lernen. Teilnehmerunterlagen (2. Aufl.). Berlin: BIBB.

Köck, M. (2006). Standortbestimmung Technikunterricht. Schulmagazin 5-10, 3, 53-56.

Köck, M. (2015). Inhalte gewerblich-technischer Bildung. In: Klebl, M. & Popescu-Willigmann, S. (Hrsg.), Handbuch Bildungsplanung: Ziele und Inhalte beruflicher Bildung auf unterrichtlicher, organisationaler und politischer Ebene (S. 341-370). Bielefeld: Bertelsmann.

Köck, M. (2016). Methoden als Kompetenzen: Kompetenzorientierung im Fach Wirtschaft und Beruf. In: Dörfler, R., Hiebl, P. & Seitz, S. (Hrsg.), Lehren und Lernen in der bayerischen Mittelschule 5/6: Grundwerk (S.1-17). Neuwied: Carl Link.

Köck, M (2017). Über das Staunen hinausführen. Didaktische Überlegungen zum Bildungsbereich Naturwissenschaft und Technik. In: Erath, P.; Konrad, F.-M. & Rossa, M. (Hrsg.): Der Kindergarten als Bildungseinrichtung: pädagogische, didaktische und methodische Aspekte einer bildungstheoretischen Vertiefung der Arbeit in Kindertageseinrichtungen (S. 119-137). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Köck, M. (2018). Berufsorientierung 4.0: Berufliche Anforderungen infolge der Digitalisierung. Schulmagazin, 5-10, 1/2018, 11-14.

Köck, P. (2015). Wörterbuch für Erziehung und Unterricht: Das bewährte Fachlexikon für Studium und Praxis (2. überarb. und ergänzte Aufl.). Friedberg: Brigg Verlag.

Kolb, G. (Hrsg.). (1981). Methoden der Arbeits-, Wirtschafts- und Gesellschaftslehre. Bad Salzdetfurth: Verlag Barbara Franzbecker.

König, K. (1997). Zur Geschichte der Berufsausbildung im Deutschland des 19. Jahrhunderts.

In: Liedtke, M. (Hrsg.), Berufliche Bildung – Geschichte, Gegenwart, Zukunft (S. 177-254). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

König, W. (2002). Spezifika der Technikwissenschaften. In: Abel, G., Engfer, H.-J. & Hubig, C. (Hrsg.), Neuzeitliches Denken. Festschrift für Hans Poser zum 65. Geburtstag (S. 411-426). Berlin: Walter de Gruyter.

König, W. (2004). Utilität, Zweckfreiheit und disziplinäre Entgrenzung: Wissenschaftsakademien und Technikwissenschaften von den Anfängen bis zur Gegenwart. Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, 75, 185-202. Online unter https://leibnizsozietaet.de/wp-content/uploads/2012/11/13_koenig.pdf

König, W. (2006a). Vom Staatsdiener zum Industrieangestellten: Die Ingenieure in Frankreich und Deutschland 1750-1945. In: Kaiser, W. & König, W. (Hrsg.), Geschichte des Ingenieurs. Ein Beruf in sechs Jahrtausenden (S. 179-231). München, Wien: Hanser Verlag.

König, W. (2006b). Ziele der Technikwissenschaften. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. (S. 84-98). Berlin: edition sigma.

König, A. (2007). Dialogisch-entwickelnde Interaktionsprozesse als Ausgangspunkt für die Bildungsarbeit im Kindergarten. In: Bildungsforschung, 4 (1). Online unter: http://www.bildungsforschung.org/index.php/bildungsforschung

König, W. (2010). Werte, Wissen und Wissensintegration in den Technikwissenschaften. Systematische und historische Betrachtungen. In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technologisches Wissen: Entstehung, Methoden, Strukturen (S. 63-80). Berlin, New York: Springer.

König, W. (2013). Werte, Wissen und Wissensintegration in den Technikwissenschaften: Systematische und historische Betrachtungen. In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technisches Wissen: Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert (S. 63-80). Berlin, Heidelberg: Springer 2013. Online unter https://www.acatech.de/Publikation/technologisches-wissen-entstehung-methoden-strukturen/

Konrad, F.-M. (1999). Wilhelm Reins Theorie und Praxis der ästhetischen Erziehung. Ein Beitrag zum Ende eines herbartianisch fundierten allgemeinpädagogischen Systems. In: Fuhr, T. & Schultheis, K. (Hrsg.), Zur Sache der Pädagogik (S. 32-54). Bad Heilbrunn, Obb: Klinkhardt.

Konrad, F.-M. (2010). Wilhelm von Humboldt. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag.

Konrad, F.-M. (2012). Bildung und Technik in der Geisteswissenschaftlichen Pädagogik unter besonderer Berücksichtigung des Beitrags von Theodor Litt. In: Drinck, B., Gutjahr-Löser, P. & Schulz, D. (Hrsg.), Das Atomzeitalter - Maximum von Naturwissenschaft und Technik, Maximum der Verantwortung (Theodor-Litt-Jahrbuch, Bd. 8) (S. 53-78). Leipzig: Leipziger Universitätsverlag.

Konrad, K. & Traub, S. (1999). Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis. München: Oldenbourg.

Kornwachs, K. (1996). Vom Naturgesetz zur technologischen Regel – ein Beitrag zu einer Theorie der Technik. In: Banse, G. & Friedrich, H. (Hrsg.), Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln (S. 13-50). Berlin: ed. Sigma.

Kornwachs, K. (2006). Rational-systematische Methoden. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg). Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. (S. 145-160). Berlin: edition sigma.

Kornwachs, K. (2012). Strukturen technologischen Wissens: Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik. Berlin: Edition Sigma.

Kornwachs, K. (2015). Philosophie für Ingenieure. München: Carl Hanser Verlag.

Kornwachs, K. & Meyer, R. (1995). Aus der Werkstatt. Methoden der Technikbewertung. In: Hubig, C. & Albers, J. (Hrsg.), Technikbewertung (S. 115-134). Weinheim, Berlin: Quadriga Verlag.

Kornwachs, K., Spur, G. & Hubig, C. (2013). Technisches Wissen. Entstehung – Methoden – Strukturen: Eine Einführung. In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technisches Wissen: Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert (S. 11-14). Online unter https://www.acatech.de/Publikation/technologisches-wissen-entstehung-methoden-strukturen/

Köster, H., Balluseck von, H. & Kraner, R. (2008). Technische Bildung im Elementar und Primarbereich. In: Buhr R. (Hrsg.), Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik (S. 33-54). Berlin: IIT.

Krafft, F. (1970). Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik. Wiesbaden: Steiner Verlag.

Krapp, A. (1999). Intrinsische Lernmotivation und Interesse: Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen. Zeitschrift für Pädagogik, 45(3), 387-406.

Krause, U.-M. & Stark, R. (2005). Vorwissen aktivieren. In: Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 38-49). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Krause, K. (2001). Zum Einfluss fachspezifischer Methodologien auf die Entwicklung von Fachdidaktiken. In: Bader, R. & Bonz, B. (Hrsg.), Fachdidaktik Metalltechnik (Berufsbildung konkret, Bd. 4) (S. 125-143). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Kreikebaum, H. (1996). Umweltethik im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie. In: Becker, J., Bol, G., Christ, T. & Wallacher, J. (Hrsg.), Ethik in der Wirtschaft: Chancen verantwortlichen Handelns (S. 115-140). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Kron, F. W. (2008). Grundwissen Didaktik: Mit 53 Abbildungen und 14 Tabellen (5. überarbeitete Aufl.). München, Basel: R. Reinhardt.

Kron, F. W. (2009). Grundwissen Pädagogik. (7., vollst. überarb. und erw. Aufl.). München, Basel: E. Reinhardt.

Kuckartz, U. (2010). Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten (3. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kuckartz, U. (2014). Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: Springer VS.

Kuhl, J., Scheffer, D. & Eichstaedt, J. (2003). Der Operante Motiv-Test (OMT): ein neuer Ansatz zur Messung impliziter Motive. In: Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinberg, F. (Hrsg.), Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (S. 129-149). Göttingen: Hogrefe.

Kupser, P. (1986). Arbeitslehre zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Bad Heilbrunn, Obb: Klinkhardt.

Kühne, A. (2009). Die Kunst in der Natur. Albrecht Dürer als Autor mathematischer und kunsttheoretischer Schriften. In: Landesmuseum für Natur und Mensch. Mamoun Fansa (Hrsg.), Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft; Begleitband zur Sonderausstellung ”Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft” im Augusteum, Oldenburg (S. 93-105). Mainz am Rhein: von Zabern.

KMK (Kultusministerkonferenz) (1969). Empfehlungen zur Hauptschule. Online unter

https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1969/1969_07_03_Hauptschule.pdf

KVFF [Konferenz der Vorsitzenden Fachdidaktischer Fachgesellschaften] (Hrsg.) (1998). Fachdidaktik in Forschung und Lehre. Kiel: Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften.

Lamnek, S. (2005). Qualitiataive Sozialforschung: Lehrbuch (4., vollständig überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Landels, J. G. (1979). Die Technik in der antiken Welt. München: Verlag C. H. Beck.

Lang, M. & Pätzold, G. (2002). Multimedia in der Aus- und Weiterbildung; Grundlagen und Fallstudien zum netzbasierten Lernen. Köln: Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst GmbH & Co. KG.

Lange, A. (1860). Gewerbliche Fortbildungsschulen. In: Schmidt, K. A. (Hrsg.), Encyclopädie des gesamten Erziehungs- und Unterrichtswesens. Unter Mitarbeit von Christian v. Palmer und David Wildermuth (2. Band) (S. 866-890). Gotha: Verlag Rudolf Besser.

Lange, W. (1972). Gestaltung und Führung des polytechnischen Unterrichts. Berlin: Volk und Wissen.

Langenheder, W. (1988). Wissenschaftssoziologische Perspektiven der Technikbewertung. In: Bungard, W. & Lenk, H. (Hrsg.), Technikbewertung: Philosophische und psychologische Perspektiven (1. Aufl.). (S. 261-282). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Lamprecht, H.-O. (1993). Opus Caementitum: Bautechnik der Römer (4. Aufl.). Düsseldorf: Beton Verlag.

Lazardig, J. (2006). Die Maschine als Spektakel. Funktion und Admiration im Maschinendenken des 17. Jahrhunderts. In: Schramm, H., Schwarte, L. & Lazardig, J. (Hrsg.), Instrumente in Kunst und Wissenschaft. Zur Architektonik kultureller Grenzen im 17. Jahrhundert (S. 167-193). Berlin: Walter de Gruyter.

Lehmann, J. & Portele, G. (Hrsg.) (1976). Simulationsspiele in der Erziehung. Weinheim, Basel: Beltz.

Lehmann, J. (1976). Simulation als Unterrichtsmethode und ihre Anwendung in einer Unterrichtseinheit Physik. In: Lehmann, J. & Portele, G. (Hrsg.), Simulationsspiele in der Erziehung (S. 341-354). Weinheim, Basel: Beltz.

Lent, R. W., Brown, S. D. & Larkin, K. C. (1987). Comparison of three theoretically derived variables in predicting career and academic behavior: Self-efficacy, interest congruence, and consequence thinking. Journal of Counseling Psychology, 34(3), 293-298.

Lenz, U. & Schlüter, H. (2011). Lehrerinformationen Umwelt Technik: Neubearbeitung. Klasse 7 bis 10. Stuttgart: Klett. Online unter https://asset.klett.de/assets/b7fb92be/A15520_75775601.pdf

Lenzen, D. (1973). Didaktik und Kommunikation. Zur strukturalen Begründung der Didaktik und zur didaktischen Struktur sprachlicher Interaktion. Frankfurt a. M.: Athenäum Fischer.

Lersch, R. (2011). Kompetenzorientierte Lehrpläne als ein Impuls für die Unterrichtsentwicklung. In: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (Hrsg.), Einblicke-Ausblicke: Jahrbuch 2010 (S. 33-48). München.

Leutner, D. (2010). Programmierter und Computerunterstützter Unterricht. In: Rost, D. H. (Hrsg.), Handwörterbuch pädagogische Psychologie (4. überarbeitete und erweiterte Aufl.) (S. 663-670). Weinheim: Beltz.

Lindemann, U. (2013). Wie kann man Technik darstellen? Wie werden Technikdarstellungen verstanden? In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technisches Wissen: Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert (S. 81-119). Berlin, Heidelberg: Springer. Online unter https://www.acatech.de/Publikation/technologisches-wissen-entstehung-methoden-strukturen/

Linke, W. (1961). Technik und Bildung: Möglichkeiten und Grenzen der Bildung im Umgang mit der Technik. Heidelberg: Quelle & Meyer.

Lipsmeier, A. (1971). Technik und Schule: Die Ausformung des Berufsschulcurriculums unter dem Einfluss der Technik als Geschichte des Unterrichts im technischen zeichnen (Hannoversche Studien zur Berufspädagogik, Band 3). Wiesbaden: Steiner.

Lipsmeier, A. (1983). Unterricht: Technisches Zeichnen. In: Lenzen, D., Blankertz, H. & Stopinski, S. (Hrsg.), Sekundarstufe II - Jugendbildung zwischen Schulde und Beruf (Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Bd. 9. 2) (S. 658-662). Stuttgart: Klett-Cotta.

Lipsmaier, A. (1984). Zur Didaktik und Methodik des technischen Zeichnens im Kontext von technologischer Entwicklung, Technikwissenschaft und Technikdidaktik. In: Georg, W. (Hrsg.), Schule und Berufsausbildung. Gustav Grüner zum 60. Geburtstag (S. 217-229). Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Lipsmeier, A. (2000). Systematisierungsprinzipien für berufliche Curricula. In: Lipsmeier, A. & Pätzold, G. (Hrsg.), Lernfeldorientierung in Theorie und Praxis (Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Bd. 15) (S. 54-72). Stuttgart: Franz-Steiner-Verlag.

Lipsmeier, A. (2006). Didaktik gewerblich-technischer Berufsausbildung. In: Rolf Arnold (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung. Unter Mitarbeit von Antonius Lipsmeier (2. Aufl.) (S. 281-298). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss.

Litt, T. (1959). Naturwissenschaft und Menschenbildung (3. Aufl.). Heidelberg: Quelle & Meyer.

Litt, T. (1961). Das Bildungsideal der deutschen Klassik und die moderne Arbeitswelt (2. Aufl.). Bonn: Kamp Verlag.

Loser, F. (1986). Anschauung. In: Haller, H.-D., Ziele und Inhalte der Erziehung und des Unterrichts (Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Bd. 3) (S. 377-382). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Lossack, R.-S. (2006). Wissenschaftstheoretische Grundlagen für die rechnerunterstützte Konstruktion. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Luczak, H., Springer, J. & Becker, J. (1998). Arbeitswissenschaft (2.vollst. neu bearb. Aufl.). Berlin: Springer.

Macrone, M. (2004). HEUREKA! Das archimedische Prinzip und 80 weitere Versuche, die Welt zu erklären. Eine kleine Geschichte unseres Denkens von der Antike bis heute. Wiesbaden: Marix Verlag.

Mansfeld, T. (2013). Simulation: fach- und berufsdidaktische Innovationen in metall- und elektrotechnischen Domänen. Berlin: Technische Universität Berlin. Online unter https://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/frontdoor/index/index/docId/4522

Magenheim, J., Hampel, T. & Schulte, C. (1999). Dekonstruktion von Informatiksystemen als Unterrichtsmethode: Zugang zu objektorientierten Sichtweisen. In: Schwill, A. (Hrsg.), Informatik und Schule: Fachspezifische und fachübergreifende didaktische Konzepte (S. 149-164). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Magnus, K. (1984). Die Verantwortung der Technik in unserer Zeit. München: Bayerische Landeszentrale für politische Bildungsarbeit.

Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1997). Lernen und Lehren mit dem Computer. In: Weinert, F. E. & Mandl, H. (Hrsg.), Psychologie der Erwachsenenbildung (S. 437-467). Göttingen: Hogrefe.

Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.) (2006). Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe.

Mansfeld, T. (2013). Simulation - fach- und berufsdidaktische Innovationen in metall- und elektrotechnischen Domänen. Dissertation. Technische Universität Berlin, Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, Fachdidaktik Metall- und Elektrotechnik. Online unter: http://www2.ub.tu-berlin.de/permalink/eTUB_OPUS4522

Marcuse, H. (1965). Industrialisierung und Kapitalismus im Werk Max Webers. In: Marcuse, H. (Hrsg.), Kultur und Gesellschaft 2 (S. 107-129). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Marcuse, H. (1967). Der eindimensionale Mensch. Studien zur Ideologie der fortgeschrittenen Industriegesellschaft. Neuwied und Berlin: Hermann Luchterhand Verlag GmbH.

Marsh, H. W., Byrne, B. M. & Shavelson, R. (1988). A multifaceted academic self-concept: Its hierarchical structure and its relation to academic achievement. Journal of Education Psychology, 80, S. 366-380. Downloaded from pps.sagepub.com at UNIVERSITAET EICHSTAETT on December 12, 2015

Marsh, H. W. & Craven, R. G. (2006). Reciprocal Effects of Self-Concept and performance: From a Multidimensional Perspective: Beyond Seductive Pleasure and Unidimensional Perspectives. In: Perspectives on Psychological Science, 1(2), 133-163.

Marsh, H. W. & Retali, K. (2012). The Role of Positive Self-Beliefs in Educational Psychology. In Littleton, K., Wood, C. & Kleine-Staarman, J. (Hrsg.), International Handbook of Psychology in Education (S. 499-533). Bingley: Emerald.

Martens, A., & Maciuszek, D. (2013). Balancing Instruction and Construction in Virtual World Learning. In: Bredl, K. & Bösche, W. (Hrsg.), Serious games and virtual worlds in education, professional development, and healthcare (Premier reference source) (S. 15-40). Hershey (Pa.): Information Science Reference.

Marx, K. & Engels, F. (1971). Werke (4. Aufl., Bd. 16). Berlin: Dietz.

Marx, K. & Engels, F. (2003). Werke, Artikel, Entwürfe. September 1864 bis September 1867. Berlin: Akademie Verlag.

Mayering, P. (1990). Einführung in die qualitative Sozialforschung. München: Psychologie-Verl.-Union.

Mayering, P. (2016). Einführung in die qualitative Sozialforschung (6. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.

Mehrgardt, O. (1968). Zur Klärung des Fachgebietes Werken. Leicht überarb. Fassung von 1961. In: Uschkereit, G. (Hrsg.), Ansätze zur Werkdidaktik seit 1945 (Beiträge zum Werkunterricht, Bd. 1) (S. 41-57). Weinheim: Beltz.

Meier, B. & Jakupec, V. (2010). Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts – Strukturierung und Präzisierung. In: Bienhaus, W. & Schlagenhauf, W. (Hrsg.), Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts: Strukturierung und Präzisierung (S. 17-32). Freiburg, Br.: DGT.

Meier, B., Meschenmoser, H. & Zöllner, H. (2004). Technische Infrastrukturen als Basis für Innovationen. Pädagogische Fachzeitschrift Unterricht – Arbeit+Technik, 21, 51-57.

Meier, C. (1986). Arbeit, Politik, Identität: Neue Fragen im alten Athen. In: Schubert, V. (Hrsg.), Der Mensch und seine Arbeit (S. 47-109). St. Ottilien: EOS Verlag Erzabtei.

Meinberg, E. (1988). Das Menschenbild der modernen Erziehungswissenschaft. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Meißner, B. (1997). Berufsausbildung in der Antike. In: Liedtke, M. (Hrsg.), Berufliche Bildung – Geschichte, Gegenwart, Zukunft (S. 55-99). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Meißner, B. (1999). Die technologische Fachliteratur der Antike: Struktur, Überlieferung und Wirkung technischen Wissens in der Antike; (ca. 400 v. Chr. - ca. 500 n. Chr.). Berlin: Akad.-Verlag.

Meyer, W.-U. (1973). Anstrengungsintention in Abhängigkeit von Begabungseinschätzung und Aufgabenschwierigkeit. Archiv für Psychologie, 125, 245–262.

Meyer, H. (1987a). Unterrichtsmethoden: 1. Theorieband. Frankfurt am Main: Cornelsen.

Meyer, H. (1987b). Unterrichtsmethoden: 2. Praxisband. Frankfurt am Main: Cornelsen.

Meyer, H. (2002). Unterrichtsmethoden. In: Kiper, H., Meyer, H. & Topsch, W. (Hrsg.), Einführung in die Schulpädagogik (S. 109-121). Berlin: Cornelsen Verlag.

Meyer, H. (2003). Leitfaden zur Unterrichtsvorbereitung (12. Aufl.). Berlin: Cornelsen Verlag.

Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? (4. Aufl.). Berlin: Cornelsen Verlag.

Meyer, J. H. & Land, R. (2003). Threshold concepts and troublesome knowledge: Linkages to ways of thinking and practising within the disciplines. Edinburgh: ETL Project Occasional Report 4. Online unter: http://www.etl.tla.ed.ac.uk/docs/ETLreport4.pdf

Meyer, W. (2010). Informationssammlung und -bewertung. In: Stockmann, R. & Meyer, W. (Hrsg.), Evaluation. Eine Einführung (S. 191-234). Opladen: B. Budrich.

Mietzel, G. (2003). Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens (7. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63, 81-97.

Mitzel, G. (2007). Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens (8., überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: Hogrefe (Lehrbuch).

Molitor, F. J. (1808). Über bürgerliche Erziehung: mit Beziehung auf die Organisation des jüdischen Schulwesens in Frankfurt am Main.

Möller, J. & Trautwein, U. (2015). Selbstkonzept. In: Wild, E. & Möller, J. (Hrsg). Pägagogische Psychologie (2. Aufl.) (S. 177-200). Berlin: Springer.

Morf, C. & Koole, S. L. (2014). Das Selbst. In: Klaus, J. Stroebe, W. & Hewstone, M. (Hrsg.), Sozialpsychologie (6. voll. überarb. Aufl.) (S. 141-195). Berlin, Heidelberg: Springer,

Morris, I. (2011). Wer regiert die Welt? Warum Zivilisationen herrschen oder beherrscht werden. Unter Mitarbeit von Klaus Binder, Waltraud Götting und Andreas Simon dos Santos. Frankfurt, München, New York: Campus 2011.

Moschner, B. & Dickhäuser, O. (2010). Selbstkonzept. In: Rost, D. H. (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 760–767). Weinheim: Beltz PVU.

Moosleitner, F. (1988). Handwerk und Handel. In: Dannheimer, H. & Dopsch, H. (Hrsg.), Die Bajuwaren. Von Severin bis Tassilo. Ausstellungskat. Rosenheim, Mattsee 1988 (München, Salzburg 1988) (S. 208-219). München, Salzburg: Arbeitsgruppe Bajuwarenaustellung.

Mühle, G. (1973). Kreativität und Schule: Texte (3. Aufl.). München: Piper.

Mumford, L. (1978). Mythos der Maschine. Kultur, Technik und Macht. Die umfassende Dar-

stellung der Entdeckung und Entwicklung der Technik. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag.

Mummendey, H. D. (2006). Psychologie des ‚Selbst': Theorien, Methoden und Ergebnisse der Selbstkonzeptforschung. Göttingen: Hogrefe.

Müller, O. (2014). Selbst, Welt und Technik. Eine anthropologische, geistesgeschichtliche und ethische Untersuchung. Berlin/Boston: Walter de Gruyter.

Müller, J. (1990). Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften: Systematik - Heuristik - Kreativität. Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong: Springer.

Müller, R. A. (1996). Geschichte der Universität: Von der mittelalterlichen Universitas zur deutschen Hochschule (Lizenzausgabe des Verlags Georg D.W. Callwey). Hamburg: Nikol.

Myers, D. G. (2014). Persönlichkeit. In: Myers, D. G. (Hrsg.), Psychologie (3. vollst. überarb. Aufl.) (S. 551-593). Heidelberg: Springer.

Neber, H. (2006). Fragestellen. In: Mandl, H.; Friedrich, H. F. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 50-58). Göttingen u.a.: Hogrefe Verlag.

Neugebauer, W. (1977). Die Betriebserkundung als ein Unterrichtsverfahren der Wirtschafts- und Arbeitslehre. In: Neugebauer, W. (Hrsg.), Fachdidaktisches Studium in der Lehrerbildung Wirtschaft II. Curriculumentwicklung für Wirtschafts- und Arbeitslehre (1. Aufl.). (S. 220-242). München: Oldenbourg.

Neugebauer, W., Reinhold, P. & Friege, G. (2006). Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen: Grundlagen und Ergebnisse zum Lernen mit Simulationen. In: Höttecke, D. (Hrsg.), Vorträge auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) (S. 42-44). Münster: Lit-Verlag.

Neyer, F. J., Felber, J. & Gebhardt, C. (2012). Entwicklung und Validierung einer Kurzskala zur Erfassung von Technikbereitschaft (technology commitment). Diagnostica, 58, 87-99.

Nickolaus, R. (2018). Hypothesenprüfende Zugänge zur Technikdidaktik und ausgewählte empirische Befunden. In: Zinn. B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (1. Aufl.) (S. 189-199). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Niegemann, H. M. (1995). Computergestützte Instruktion in Schule, Aus- und Weiterbildung: Theoretische Grundlagen, empirische Befunde und Probleme der Entwicklung von Lehrprogrammen. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Lang.

Nölker, H. (1983). Unterricht: Technik. In: Lenzen, D., Blankkertz, H. & Stopinski, S. (Hrsg.), Sekundarstufe II - Jugendbildung zwischen Schule und Beruf (Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Bd. 9.2) (S. 652-658). Stuttgart: Klett-Cotta.

Nordmann, A. (2010). A forensics of wishing: technology assessment in the age of technoscience. In: Poiesis & Praxis 7(1-2), 5-15.

OECD (Hrsg.). (2002). Gutachten zur Berufsberatung – Deutschland: Länderbericht. Online unter: http://doku.iab.de/ibv/2002/ibv3802_2677.pdf

Oberliesen, R., Plickat, D. & Wiemann, G. (Hrsg.). (1996). Internationale Berichte zur Geschichte von Arbeit und Technik im Unterricht 1. Handarbeitsschule und Werkunterricht in der Herausforderung von Arbeit und Technik. 2. Ein Bericht über das Internationale Symposium vom 27.02. - 04.03.94 auf dem Herzberg (Aarau), Schweiz. Braunschweig:

Internationaler Arbeitskreis Sonnenberg.

Oberliesen, R. & Schulz, H.D. (Hrsg.). (2007). Kompetenzen für eine zukunftsfähige arbeitsorientierte Allgemeinbildung (S. 45-89). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Oberliesen, R. & Zöllner, H. (2007). Kerncurriculum „Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft /Arbeitslehre“: Ein interdisziplinäres curriculares Reformprojekt - Leitideen, Entwicklung, Konzeption. In: Oberliesen, R. & Schulz, H. D. (Hrsg.), Kompetenzen für eine zukunftsfähige arbeitsorientierte Allgemeinbildung (S. 168-204). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Oberliesen, R. (1988). Gestaltungskompetenz als Lernziel, Menschengerechte und naturverträgliche Gestaltung von Arbeit und Technik als neue Orientierungsmerkmale technischer Bildung. In: arbeiten + lernen, 1988, 58, 7-13.

Oerter, R. (Hrsg.). (2008). Entwicklungspsychologie (6. Aufl.). Weinheim; Basel: Beltz, PVU.

Orloff, M. A. (2006). Grundlagen der klassischen TRIZ: Ein praktisches Lehrbuch des erfinderischen Denkens für Ingenieure mit 374 Beispielen (3. Aufl.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Ortega y Gasset, J. (1956). Gesammelte Werke, Band IV. Betrachtungen über die Technik (1933) (S. 32-95). Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.

Ott, B. (1993). Ganzheitliche Berufsbildung im Kontext der technikdidaktischen Diskussion. (Habilitationsschrift). Karlsruhe.

Ott, B. (1995). Ganzheitliche Berufsbildung. Theorie und Praxis handlungsorientierter Techniklehre in Schule und Betrieb. Stuttgart Steiner.

Ott, B. & Pyzalla, G. (2003). Versuchsorientierter Technikunterricht im Lernfeldkonzept. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.), Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge (Berufsbildung konkret, Bd. 6) (S. 117-129). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Otto, G. (1967). Zur didaktischen Struktur des Werkunterrichts in Vergangenheit und Gegenwart. In: Kaufmann, F. & Meyer, E. (Hrsg.), Werkerziehung in der technischen Welt (S. 92-112). Stuttgart: Ernst Klett.

Otto, G. (1968). Zur Unterscheidung der Unterrichtsfächer Bildende Kunst und Werkerziehung. Unveränderter Abdruck von 1959. In: Uschkereit, G. (Hrsg.), Ansätze zur Werkdidaktik seit 1945 (Beiträge zum Werkunterricht, Bd. 1) (S. 29-39). Weinheim: Beltz.

Otto, G. & Schulz, W. (1986). Der Beitrag der Curriculumforschung. In: Lenzen, D. (Hrsg.), Enzyklopädie Erziehungswissenschaft (Bd. 3) (S. 49-62). Stuttgart: Klett-Cotta.

Pache, O. W. (1900). Handbuch des deutschen Fortbildungsschulwesens (Bd. 5). Wittenberg.

Pahl, J.-P. (2003). Arbeits- und Technikdidaktik – zur Frage der Handlungs- und Gestaltungsorientierung beim beruflichen Lernen. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.), Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge. Baltmannsweiler: Schneider Verlag, Hohengehren.

Pahl, J.-P. (2004). Berufsschule: Annäherungen an eine Theorie des Lernortes. Seelze-Velber: Kallmeyer.

Pahl, J.- P. (2008). Bausteine beruflichen Lernens im Bereich Arbeit und Technik. Teil 2: Methodische Grundlegungen und Konzeptionen (3. erweiterte Aufl.). Bielefeld: W. Bertelsmann.

Pahl, J.-P. (2009). Berufsfachschule: Ausformungen und Entwicklungsmöglichkeiten. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Pahl, G., Beitz, W. & Feldhusen, J. (2003). Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung (5. Aufl.). Berlin [u.a.]: Springer.

Pahl, J.-P. & Ruppel, A. (2008). Bausteine beruflichen Lernens im Bereich Arbeit und Technik. Teil 1: Berufswissenschaftliche Grundlegungen, didaktische Elemente und Unterrichtsplanung (3. erweiterte Aufl.). Bielefeld: W. Bertelsmann.

Paradies, L. & Linser, H. J. (2006). Organisationsformen, Differenzierung, Integration. In: Arnold, K.-H.; Sandfuchs, U. & Wiechmann, J. (Hrsg.), Handbuch Unterricht (S.345-351). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Pekrun, R. & Schiefele, U. (1996). Emotions- und motivationspsychologische Bedingungen der Lernleistung. In: Weinert, F. E. (Hrsg.), Psychologie des Lernens und der Instruktion (S. 153-180). Göttingen u.a.: Hogrefe.

Petko, D. (2014). Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien (1. Aufl., neue Ausg.). Weinheim: Beltz.

Petroski, H. (1994). Messer Gabel Reißverschluß: Die Evolution der Gebrauchsgegenstände. Basel: Birkhäuser.

Petsche, H.-J. (2006). Mathematik. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (2006) (Hrsg), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. (S. 195-211). Berlin: edition sigma.

Pfenning, U. (2016). Zur Soziotechnik (in) der Technikdidaktik. In: Journal of Technical Education, 4 (2), 87-105. Online unter www.journal-of-technical-education.de/index.php/joted/article/download/80/94

Pfenning, U. (2018). Soziologische Perspektive der Technikdidaktik. In: Zinn, B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (1. Aufl.) (S. 39-50). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Picht, G. (1964). Die deutsche Bildungskatastrophe: Analyse und Dokumentation Olten und Freiburg im Breisgau: Walter-Verlag.

Plass, J. L. & Schwartz, R. N. (2014). Multimedia Learning with Simulations and Microworlds. In Mayer, R.E. (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2. Ed.) (Cambridge handbooks in psychology) (S. 729-761). Cambridge: Cambridge University Press. Online unter https://steinhardt.nyu.edu/scmsAdmin/uploads/007/766/CHML%20Chapter%20p729-761.pdf.

Plass, J. L., Goldman, R., Flanagan, M. & Perlin, K. (2009). RAPUNSEL: Improving self-efficacy and self-esteem with an educational computer game. In: Kong, S. C. et al. (Hrsg.), Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education [CDROM]. Hong Kong: Asia-Pacific Society for Computers in Education. Online unter: https://www.researchgate.net/profile/Ricki_Goldman/publication/228609999_RAPUNSEL_Improving_Self-Efficacy_and_Self-Esteem_With_an_Educational_Computer_Game/links/0c96052187a520bdad000000.pdf

Platte, H. K. (1981). Betriebspraktika in schulischen Bildungsgängen, BMBW- Werk-stattberichte. Bonn: Druckhaus Koblenz.

Platte, H. K. (1986). Lernen vor Ort: Grundlagenband. Bonn, Bad Godesberg: Verlag.

Poppe, J. H. M. (1807/11). Geschichte der Technologie seit der Wiederherstellung der Wissen-

schaften bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts (Bd. 1-3). Göttingen: Johann Friedrich Röwer.

Popplow, M. (2006). Unsichere Karrieren: Ingenieure in Mittelalter und Früher Neuzeit 500-1750. In: Kaiser, W. & König, W. (Hrsg.). Geschichte des Ingenieurs: Ein Beruf in sechs Jahrtausenden (S. 71-125). München, Wien: Hanser Verlag.

Poser, H. (2012). Wissenschaftstheorie: Eine philosophische Einführung (2. erw. und überarb. Aufl.). Stuttgart: Reclam.

Priesner, C. (1989). Förderung technischer Bildung außerhalb der Schulen. Polytechnische Vereine und technische Bildung. In: Boehm, L. & Schönbeck, C. (Hrsg.), Technik und Bildung (S. 235-259). Düsseldorf: VDI Verlag.

Prinz, F. (2006). Abschnitt II: Europäische Grundlagen deutscher Geschichte (4. - 8. Jahrhundert). In: Haverkamp A. & Prinz, F. (Hrsg.), Handbuch der deutschen Geschichte. Band 1 Perspektiven des Mittelalters: Grundlagen deutscher Geschichte 4. - 8. Jahrhundert (10. völlig neu bearb. Aufl., 1. Nachdr.). Stuttgart: Klett-Cotta.

Rahn, S., Hartkopf, E. & Buch, S. (2017). Schülerlabore und außerschulische MINT-Förderkurse als Berufsorientierungsinstrumente? Einfluss und Auswirkungen außerschulischer MINT-Förderung auf die berufliche Orientierung Jugendlicher und ihre Determinanten. In: Brüggemann, T., Driesel-Lange, K. & Weyer, C. (Hrsg.), Instrumente zur Berufsorientierung: Pädagogische Praxis im wissenschaftlichen Diskurs (1. Aufl.). (S. 85-98). Münster: Waxmann.

Raithel, J., Dollinger B. & Hörmann G. (2009). Einführung Pädagogik: Begriffe- Strömungen- Klassiker- Fachrichtungen (3. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Rammert, W. (2006). Technik, Handeln und Sozialstruktur: Eine Einführung in die Soziologie der Technik Technical University Technology Studies Working Papers. Online unter: https://www.ts.tu-berlin.de/fileadmin/fg226/TUTS/TUTS_WP_3_2006.pdf

Rammert, W. (2013). Die Pragmatik des Technischen Wissens oder: „How to do words with things“. In: Kornwachs, K. (Hrsg.), Technisches Wissen: Entstehung – Methoden – Strukturen. Acatech diskutiert (S. 37-59). Berlin, Heidelberg: Springer. Online unter https://www.acatech.de/Publikation/technologisches-wissen-entstehung-methoden-strukturen/

Rang, A. (1983). Industrieschule. In: Skiba, E.-G., Wulf, C. & Wünsche, K. (Hrsg.), Erziehung im Jugendalter- Sekundarstufe I (Enzyklopädie Erziehungswissenschaft Bd. 8). (S. 451-454). Stuttgart: Klett-Cotta.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). Quantitative Methoden. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler (4. Aufl.). Berlin: Springer.

Raser, J. R. (1976). Theorien, Modelle und Simulationen. In: Lehmann, J. & Portele, G. (Hrsg.), Simulationsspiele in der Erziehung (S. 11-25). Weinheim, Basel: Beltz.

Rauner, F. (2006). Gestaltung von Arbeit und Technik. In: Arnold, R. (Hrsg.), Handbuch der Berufsbildung. Unter Mitarbeit von Antonius Lipsmeier (2. überarb. und aktualisierte Aufl.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften.

Rauner, F. & Heidegger, G. (1997). Soziale Technikgestaltung als Bildungsaufgabe. In: Arnold, R. (Hrsg.), Ausgewählte Theorien zur beruflichen Bildung. Grundlagen der Berufs- und Erwachsenenbildung (Bd. 7). (S. 126-133). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Rauthmann, J. F. (2017). Persönlichkeitspsychologie: Paradigmen – Strömungen – Theorien.

Berlin: Springer.
Rebmann, K., Tenfelde, W. & Uhe, E. (1998). Berufs- und Wirtschaftspädagogik: Eine Einführung in Strukturbegriffe. Wiesbaden: Gabler.
Reetz, L. (2003). Prinzipien der Ermittlung: Auswahl und Begründung relevanter Lernziele und Inhalte. In: Kaiser, F.-J. & Kaminski, H. (Hrsg.), Wirtschaftsdidaktik (S. 99-124). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
Rehberg, K.-S. & Gehlen, A. (Hrsg.). (1993). Der Mensch: seine Natur und seine Stellung in der Welt: textkritische Edition unter Einbeziehung des gesamten Textes der 1. Aufl. von 1940 (Bd. 3). Frankfurt am Main: Klostermann.
Reibnitz, U. V. (1991). Szenario-Technik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung (2. Aufl.). Wiesbaden: Gabler.
Reich, K. (2012). Konstruktivistische Didaktik (5. Aufl.). Weinheim: Beltz.
Reichertz, J. (2015). Abduktion, Deduktion und Induktion in der qualitativen Forschung. In: Flick, U., von Kardoff, E. & Steinke, I. (Hrsg.), Qualitative Forschung: Ein Handbuch (12. Aufl.). (S. 276-286). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuchverlag.
Rein, W. (1900). Pädagogik im Grundriß. Leipzig: Göschen'sche Verlagshandlung.
Renkl, A. (2015). Wissenserwerb. In: Wild, E. & Möller, J. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (2. Aufl.) (S. 3-24). Berlin: Springer.
Renn, J. (2020). Überleben im Anthropozän. Max Planck Forschung, (2), 18-23.
Renn, O. & Schulz, M. (2012). Das Gruppen-Delphi in der TA-Lehre. In: Dusseldorp, M. (Hrsg.), Technikfolgen abschätzen lehren: Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden (S. 241-256). Wiesbaden: Springer.
Reuleaux, F. (1861). Der Constructeur: Ein Handbuch zum Gebrauch beim Maschinen-Entwerfen. Für Maschinen- und Bau-Ingenieure, Fabrikanten und Technische Lehranstalten. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
Reuter, A. (2011). Datengetriebene Forschung - Herausforderung für die Informatik. Spektrum der Wissenschaft, 2 (11), 6-9.
Rheinberg, F. & Engeser, S. (2018). Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.), Motivation und Handeln (5. überarbeitete und erweiterte Aufl.) (S. 423-450). Berlin: Springer.
Ribeiro, D. (1971). Der Zivilisatorische Prozeß: Herausgegeben, übersetzt und mit Nachwort von Heinz Rudolf Sonntag. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
Riedl, A. (2018). Technikdidaktik in der beruflichen Bildung. In: Zinn, B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (1. Aufl.) (S. 71-85). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
Rifkin, J. (2011). Die dritte industrielle Revolution: Die Zukunft der Wirtschaft nach dem Atomzeitalter. Lizenzausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
Rindermann, H. (2002). Evaluation. In: Adelsberger, H., Collis, B. & Pawlowski, J. M. (Hrsg.), Handbook on information technologies for education and training. New York: Springer.
Robinsohn, S. B. (1970): Neue Lern- und Lehrinhalte. In: Brauneiser, M. (Hrsg.), Attacken auf die Pädagogische Provinz (1. Aufl.). (S. 65-74). Stuttgart: Ernst Klett.
Robinsohn, S. B. (1979). Bildungsreform als Revision des Curriculums (2. Aufl.). Neuwied, Darmstadt: Luchterhand.
Robinsohn, S. B. (1981): Bildungsreform als Revision des Curriculums (5. Aufl.). Neuwied

und Darmstadt: Luchterhand.

Röben, P. (2000). Die Analyse des Arbeitsprozesswissens von Chemiefacharbeitern und die darauf basierende Entwicklung eines computergestützten Erfahrungsdokumentationssystems. In: Pahl, J.-P.; Rauner, F. & Spöttl, G. (Hrsg.), Berufliches Arbeitsprozesswissen: Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften (S. 239-251). Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.

Röben, P. & Stuber, F. (2005). Geschäftsprozessorientierung - Vom (begrenzten) Nutzen eines Leitbilds in der Berufsbildung. In: lernen & lehren, 20(80), 148-153.

Rohmert, W. (1983). Formen menschlicher Arbeit. In: Rohmert, W. & Rutenfranz, J. (Hrsg.), Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart, New York: Thieme Verlag.

Ropohl, G. (1979a). Eine Systemtheorie der Technik: Zur Grundlegung der allgemeinen Technologie. München: Carl Hanser Verlag.

Ropohl, G. (1979b). Zum Technikbegriff eines generalisierenden Technikunterrichts. In: Traebert, W. E. (Hrsg.), Technik als Schulfach (Bd. 2). (S. 39-62). Düsseldorf: VDI-Verlag.

Ropohl, G. (1988). Zur Technisierung der Gesellschaft. In: Bungard, W. & Lenk, H. (Hrsg.), Technikbewertung: Philosophische und psychologische Perspektiven (1. Aufl.). (S. 79-97). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Ropohl, G. (1992). Philosophie der technologischen Bildung. In: a+I/Technik, 8, 6-9.

Ropohl, G. (1993). Technikbewertung als gesellschaftlicher Lernprozeß. In: Lenk, H.& Ropohl, G. (Hrsg.), Technik und Ethik (2. rev. und erw. Aufl.) (S. 259-281). Stuttgart: Reclam.

Ropohl, G. (1994). Von Aristoteles zum VDI – Wie begreife ich Technik. In: Deutsches Institut für Fernstudienforschung an der Universität Tübingen (Hrsg.), Funkkolleg Technik einschätzen – beurteilen – bewerten. Studienbrief 1, Studieneinheit 3. Tübingen: Beltz Verlag.

Ropohl, G. (1995). Von Aristoteles zum VDI. In: Hubig, C. & Albers, J. (Hrsg.), Technikbewertung (S. 44-58). Weinheim, Berlin: Quadriga Verlag.

Ropohl, G. (1997). Technisch-organisatorische Grundlagen der Produktion. In: Kahsnitz, D., Ropohl, G. & Schmid, A. (Hrsg.), Handbuch zur Arbeitslehre (S. 249-269). München: Oldenbourg.

Ropohl, G. (1999). Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie (2. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Ropohl, G. (2002). Wider die Entdinglichung im Technikverständnis. In: Abel, G., Engfer, H.-J. & Hubig, C. (Hrsg.), Neuzeitliches Denken. Festschrift für Hans Poser zum 65. Geburtstag (S. 427-440). Berlin: Walter de Gruyter.

Ropohl, G. (2004). Arbeits- und Techniklehre: Philosophische Beiträge zur technologischen Bildung. Berlin: Edition Sigma.

Ropohl, G. (2006). Erfindung – Potenzialkenntnis und Funktionsidee. In: Banse, G., Grunwald, A., König, W. & Ropohl, G. (Hrsg), Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. (S. 105-113). Berlin: edition sigma.

Rosenberg, M. J. & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In: Rosenberg, M. J. (Hrsg.), Attitude organization and change: An analysis of consistency among attitude components (S. 1-14). New Haven: Yale University Press.

Rosenshine, B., Meister, C. & Chapman, S. (1996). Teaching students to generate questions: A review of the intervention studies. Review of Educational Research, 66, 181-221.

Rosenthal, R. & DiMatteo, M. R. (2001). Meta-Analysis: Recent Developments in Quantitative

Methods for Literature Review. Annual Review of Psychology, 52, 59-82. Online unter: https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.59

Rossouw, A., Hacker, M. & de Vries, M. (2010). Concepts and contexts in engineering and technology education: an international and interdisciplinary Delphi study. International Journal of Technology and Design Education. Online unter: http://link.springer.com/article/10.1007/s10798-010-9129-1/fulltext.html

Rost, D. H. (2005). Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Weinheim, Basel: Beltz.

Roth, H. (1961). Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens (5. Aufl.). Berlin, Hannover, Darmstadt: Schroedel.

Roth, H. (1965). Technik als Element der Bildung. In: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen. Vorträge und Aufsätze (S. 13-32). Hannover: Hermann Schroedel Verlag KG.

Roth, H. (1971). Pädagogische Anthropologie: Band II: Entwicklung und Erziehung. Hannover: Schroedel.

Rotluff, J. (1992). Selbständig lernen – Arbeiten mit Leittexten. Weinheim, Basel: Beltz.

Rubin, J. (1994). Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests. New York: John Wiley & Sons.

Ryan, R. M. (1991). The nature of the self in autonomy and relatedness. In: Strauss, J. & Goethals, G. R. (Hrsg.), The self: Interdisciplinary approaches (S. 208-238). New York: Springer-Verlag.

Sacher, W. (2006). Didaktik der Lernökologie. Lernen und Lehren in unterrichtlichen und medienbasierten Lernarrangements. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Sachs, B. (1979). Skizzen und Anmerkungen zur Didaktik eines mehrperspektivischen Technikunterrichts. In: Technik-Ansätze für eine Didaktik des Lernbereichs Technik. Tübingen: Studienbriefe des DIFF-Lehrgang Arbeitslehre, 41-80.

Sachs, B. (1988). Grundlinien einer Geschichte des Technikunterrichts. Zeitschrift für Technik im Unterricht (48). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag, 5-15.

Sachs, B. (1989). Technik, Arbeitslehre und praktisches Lernen. In: Fauser, P., Konrad, F.-M. & Wöppel, J. (Hrsg.), Lern-Arbeit. Arbeitslehre als praktisches Lernen (S. 138-160). Weinheim. Basel: Beltz Verlag.

Sachs, C. (1991). Tätigkeitsorientierung und technisches Experimentieren im Gegenstandsbereich Technik der Arbeitslehre. In: Lackmann, J. & Wascher, U. (Hrsg.), Arbeitslehre und Polytechnik: Annäherung und Wandel. Beiträge zur technisch-ökonomischen Allgemeinbildung im vereinten Deutschland (S. 155-165). München: Lexika-Verlag.

Sachs, C. (1997). Das technische Experiment - Bemerkungen zu einem Unterrichtsverfahren. In: Fast, L. & Seifert, H. (Hrsg.), Technische Bildung: Geschichte, Probleme, Perspektiven. Didaktische Materialien zur technischen Bildung: Kongreß Technische Bildung - Kongreßbericht Landesmuseum für Technik und Arbeit, Mannheim 23. bis 25. September 1996 (S. 249-262). Weinheim: Dt. Studien-Verl.

Sarabando, C., Cravino, J. P. & Soares, A. A. (2014). Contribution of a Computer Simulation to Students' Learning of the Physics Concepts of Weight and Mass. Procedia Technology, 13,112-121. Online unter: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017314000255

Scalise, K., Timms, M., Clark, L. & Moorjani, A. (2009). Student learning in science simulations: What makes a difference? Paper presented at the Session on "Conversation, Argumentation, and Engagement and Science Learning", American Educational Research Association Annual Conference, April 14, San Diego, CA.

Schad, E. (1977). Das technische Problem und seine didaktische Funktion im Berufsschulunterricht. Konstanz: Leuchtturm-Verlag.

Schadewaldt, W. (1957). Die Anforderungen der Technik an die Geisteswissenschaften. Vortrag an der Universität Tübingen am 25.04.1957. Herausgegeben vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Schatz-Bergfeld, M., Bruns, T. & Sessor, H. (1995). Jugend-Freizeit-Technik: Kompetenzerwerb Jugendlicher im alltäglichen Technikzugang. Frankfurt am Main: Peter Lang.

Schaufler, B. (2009). Leib, Körper und Geschlecht – Eine Annäherung. In: Mertens, G., Frost, U., Böhm, W. & Ladenthin, V. (Hrsg.), Handbuch der Erziehungswissenschaft (Bd. 3) (S. 313-328). Paderborn, München, Wien, Zürich: Schöningh Verlag.

Schaumburg, H. (2018). Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In: McElvany, N., Schwabe, F., Bos, W. & Holtappels, H. G. (Hrsg.), Digitalisierung in der schulischen Bildung: Chancen und Herausforderungen (1. Aufl.) (S. 27-40). Münster: Waxmann.

Scheffczik, W. (2003). Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung – ein Beitrag zur Entwicklung des Technikunterrichts an allgemeinbildenden Schulen. Dissertation. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Online unter http://oops.uni-oldenburg.de/251/151/schtec03.pdf

Scheffer, D. & Heckhausen, H. (2018). Eigenschaftstheorien der Motivation. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.), Motivation und Handeln (5. Überarbeitete und erweiterte Aufl.) (S. 49-82). Berlin: Springer.

Schelten, A. (2005). Grundlagen der Arbeitspädagogik (4. Aufl.). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Schelten, A. (2002). Über den Nutzen der Handlungsregulationstheorie für die Berufs- und Arbeitspädagogik. Pädagogische Rundschau, 56(6), 621-630.

Schelsky, H. (1961). Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation (Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen: Geisteswissenschaften, Bd. 96). Köln u.a.: Westdeutscher Verlag.

Schiefele U. & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens. In: Weinert, F. E. & Graumann, C. F. (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich D: Praxisgebiete (S. 249-278). Göttingen: Verlag für Psychologie C. J. Hogrefe.

Schiefele, U. & Schaffner, E. (2015), Motivation. In: Wild, E. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (2. vollständig überarbeitete und aktualisierte Aufl.) (S. 163-175). Berlin: Springer.

Schiller, J. (1989). Allgemeinbildung als Aufgabe des Sozialismus – zum Stand der Diskussion in der DDR. In: Pädagogik, 41(6), 45-50.

Schietzel, C. (1956). Die Technik als Unterrichtsgegenstand in der Volksschule. Westermanns Pädagogische Beiträge, 6(56), 281. Braunschweig: Georg Westermann Verlag.

Schietzel, C. (1960). Technik und Natur. Braunschweig: Georg Westermann Verlag.

Schlagenhauf, W. (1988). Johannes Kühnel – Werkunterricht als Technische Bildung. Erinnerung an einen zu Unrecht vergessenen Vorkämpfer des Technikunterrichts. Zeitschrift für

Technik im Unterricht, 2. Quartal, 9-12.
Schlagenhauf, W. (1997). Historische Entwicklungslinien des Verhältnisses von Realschule und technischer Bildung. Von den Anfängen bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts. Frankfurt am Main; (Freiburger Beiträge zur Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik, Bd. 4). New York: P. Lang.
Schlicksupp, H. (1977). Kreative Ideenfindung in der Unternehmung. Berlin: de Gruyter.
Schlottau, W. (1996). Wandel des Lernortsystems Betrieb - Entwicklung dezentraler Lernorte. In: Dehnbostel, P., Holz, H. & Novak, H. (Hrsg.), Neue Lernorte und Lernortkombinationen - Erfahrungen und Erkenntnisse aus dezentralen Berufsbildungskonzepten (S. 343-353). Bielefeld: Bertelsmann.
Schmayl, W. (1981). Das Experiment im Technikunterricht. Methodologische und didaktische Studien zur Grundlegung einer Unterrichtsmethode. Bad Salzdetfurth: Franzbecker.
Schmayl, W. & Wilkening, F. (1995). Technikunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
Schmayl, W. (1999). Zur Methodik des Technikunterrichts – begriffliche, historische und systematische Betrachtungen. tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht. Heft 93/1999, 5-15.
Schmayl, W. (2003). Ansätze allgemeinbildenden Technikunterrichts. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.), Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge (S. 131-147). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
Schmayl, W. (2010). Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
Schmayl, W. (2019). Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts (3. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
Schmid, U., Goertz, L. & Behrens, J. (2017). Monitor Digitale Bildung. Die Schulen im digitalen Zeitalter. Gütersloh: Bertelsmann. Online unter https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/BSt_MDB3_Schulen_web.pdf
Schmidt, C. (2017). Analyse von Leitfadeninterviews. In: Flick, U., von Kardorff, E. & Steinke, I. (Hrsg.). Qualitative Forschung: Ein Handbuch (12. Aufl.). (S. 447-456). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuchverlag.
Schmitz, M. (2017). Ein Verfahren zur Formulierung von Suchstrategien für die Identifikation neuer Technologien. Stuttgart: Fraunhofer Verlag (Schriftenreihe zu Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement, Bd. 41).
Schnabel, F. (1929). Deutsche Geschichte im neunzehnten Jahrhundert. Die Grundlagen (Bd. 1). Freiburg im Breisgau: Herder.
Schnabel, F. (1934). Deutsche Geschichte im neunzehnten Jahrhundert (Erfahrungswissenschaften und Technik, Bd. 3). Freiburg im Breisgau: Herder.
Schneider, H. (2006). Die Techniker der Antike. In: Kaiser, W. & König, W. (Hrsg.), Geschichte des Ingenieurs: Ein Beruf in sechs Jahrtausenden (S. 33-69). München, Wien: Hanser Verlag.
Schneider, H. (2009). Die Entwicklung der antiken Technik: Die Einflüsse aus dem Orient und dem hellenistischen Osten. In: Mamoun, F. (Hrsg.), Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft; Begleitband zur Sonderausstellung "Ex oriente lux? Wege zur neuzeitlichen Wissenschaft" im Augusteum (S. 115-123). Oldenburg, Mainz am Rhein: von Zabern.
Scholl, L. U. (1978). Ingenieure in der Frühindustrialisierung. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2003). Das Fähigkeitsselbstkonzept und seine Erfassung. In: Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinberg, F. (Hrsg.), Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (S. 3-14). Göttingen: Hogrefe.

Schöfer, R. (1981). Berufsausbildung und Gewerbepolitik: Geschichte der Ausbildung in Deutschland. Frankfurt am Main; New York: Campus-Verl.

Spangenberger, P., Kapp, F., Kruse, L.& Matthes, N. (2018). Serious Games. Serious Games für den Unterricht: Berufsorientierung für gewerblich-technische Ausbildungsberufe am Beispiel von Serena Supergreen. In: Bildung und Beruf, 1(9), 146-15.

Schreblowski, S. & Hasselhorn, M. (2005). Selbstkontrollstrategien: Planen, Überwachen, Bewerten. In: Mandl, H; Friedrich, H.F. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 152-161). Göttingen u.a.: Hogrefe Verlag.

Schröder, M. (2005). Heureka, ich hab's gefunden! Kreativitätstechniken, Problemlösung & Ideenfindung. Bochum: W3L-Verlag.

Schubert, S. & Schwill, A. (2011). Didaktik der Informatik (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Schudy, J. (1999). Technikgestaltungsfähigkeit. Untersuchungen zu einer Leitidee technischer Bildung. Münster u.a.: Waxmann.

Schudy, J. (2002). Das Betriebspraktikum – Notwendige Optimierung eines Elements schulischer Berufsorientierung. In: Schudy. J. (Hrsg.), Berufsorientierung in der Schule (S. 191-206). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Schulmeister, R. (2007). Grundlagen hypermedialer Lernsysteme – Theorie – Didaktik – Design (4. Aufl.). München: Oldenburg.

Schulz-Falkenthal, H. (1972). Zur Lehrlingsausbildung in der römischen Antike. Discipuli und discentes. Klio, 54, 193–212.

Schultz, H. (1903). Bergschulen. In: Rein, W. (Hrsg.), Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik (2. Aufl. 1 Bd.). (S. 552-56). Langensalza: Hermann Beyer & Söhne.

Schulz, W. (1965). Unterricht – Analyse und Planung. In: Heimann, O. & Schulz, W. (Hrsg.). Unterricht – Analyse und Planung (S.13-47). Hannover: Schroedel.

Schulz, W. (1985). Methoden der Erziehung und des Unterrichts unter der Perspektive der Mündigkeit. In: Otto, G. & Schulz, W. (Hrsg.), Enzyklopädie Erziehungswissenschaft. Band 4: Methoden und Medien der Erziehung und des Unterrichts (S. 53-73). Stuttgart: Klett-Cotta.

Schumacher, E. F. (1979). Die Rückkehr zum menschlichen Maß: Alternativen für Wirtschaft und Technik. Hamburg: Rowohlt.

Schumann, S. (2018). Quantitative und qualitative empirische Forschung: Ein Diskussionsbeitrag. Wiesbaden: Springer VS.

Schumpeter, J. (1912). Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Leipzig: Verlag von Duncker und Humblot.

Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (Hrsg.). (1998). Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice. New York: Guilford Publications.

Schütte, F. (2003). Technikdidaktik zwischen Lehrmethode und Fachmethodik. In: Bonz, B. & Ott, B. (Hrsg.), Allgemeine Technikdidaktik: Theorieansätze und Praxisbezüge (S. 19-35). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Schütte, F. & Gonon, P. (2004). Technik und Bildung/technische Bildung. In: Benner, D. & Oelkers, J. (Hrsg.), Historisches Wörterbuch der Pädagogik (S. 988-1015). Weinheim:

Beltz.
Schweitzer, S. (2004). Der Ingenieur. In: Frevert, U. & Haupt, H.-G. (Hrsg.), Der Mensch des 19. Jahrhunderts (S. 67-85). Essen: Magnus Verlag.
Schwerdtfeger, J. (1967). Zur Entwicklung des Verhältnisses von pädagogischem und gesellschaftlichem Arbeitsbegriff. In: Klafki, W., Kiel, G. & Schwerdtfeger, J. (Hrsg.), Die Arbeits- und Wirtschaftswelt im Unterricht der Volksschule und des Gymnasiums (S. 5-13). Heidelberg: Quelle & Meyer.
Sebe-Opfermann, A. (2013). Kooperation in projektbasierten Lehr-Lern-Arrangements zur Entwicklung von Projektmanagement-Fähigkeiten. Analyse von Wirkungen und Wirkungszusammenhängen mittels Strukturgleichungsmodellierung. Münster: Waxmann.
Seel, H.-J. (1988). Technik und soziale Handlungsorganisation. In: Bungard, W. & Lenk, H. (Hrsg.), Technikbewertung. Philosophische und psychologische Perspektiven (1. Aufl.). (S. 234-257). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
Seel, N. M. (2000). Psychologie des Lernens. Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen. München: Ernst Reinhardt.
Sedláček, T. (2012). Die Ökonomie von Gut und Böse. München: Hanser.
Sedlmeier, P. & Renkewitz, F. (2011). Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie. [Nachdr.]. München: Pearson Studium.
Selzer, H. M. (2001). Methoden steuern Lernprozesse. In: Schweizer, G. & Selzer, H. M. (Hrsg.), Methodenkompetenz lehren und lernen - Beiträge zur Methodendidaktik in Arbeitslehre, Wirtschaftslehre, Wirtschaftsgeographie (S. 9-30). Dettelbach: J. H. Röll.
Sextroh, H.P. (1785). Über die Bildung der Jugend zur Industrie: Ein Fragment. Göttingen.
Sellin, H. (1969a). Technische Grundbildung im Werkunterricht. Gedanken und Vorschläge. In: Beelitz, A. (Hrsg.), Modelle einer Didaktik der Arbeitslehre: Zehntes Jahresgespräch Schule-Wirtschaft. Materialien zu Bildungs- und Gesellschaftspolitischen Fragen. 28. Folge (S. 1-20). Köln: Deutsche Industrievlg.-Ges.
Sellin, H. (1969b). Erziehung zum technischen Denken im Werkprozess. In: Uschkereit, G., Mehrgardt, O. & Kaufmann, F., Werkunterricht als technische Bildung. Dokumentation zum 2. Werkpädagogischen Kongreß Weinheim 1968 (Beiträge zum Werkunterricht, Bd. 3) (S. 85-123). Weinheim, Berlin, Basel: Verlag Julius Beltz.
Sennet, R. (2008). Handwerk. Berlin: Berlin Verlag.
Shavelson, R. J., Hubner, J. J. & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. Review of Educational Research, 46, 407-441.
Sibum, H.O. (2006). Maschinen, Fledermäuse und Schriftgelehrte. Experimentalwissen im späten 18. Und 19. Jahrhundert. In: Schramm, H., Schwarte, L. & Lazardig, J. (Hrsg.), Instrumente in Kunst und Wissenschaft. Zur Architektonik kultureller Grenzen im 17. Jahrhundert (S. 302-318). Berlin: Walter de Gruyter.
Siebert, H. (2000). Didaktisches Handeln in der Erwachsenenbildung. Didaktik aus konstruktivistischer Sicht (3. Aufl.). Neuwied, Kriftel: Luchterhand.
Siegel, S. (2001). Nichtparametrische statistische Methoden (5. Aufl.). Eschborn: Verlag Dietmar Klotz.
Sikora, J. (1976). Handbuch der Kreativ-Methoden. Heidelberg: Quelle & Meyer.
Simon, H. (1978). Simulation und Modellbildung mit dem Computer im Unterricht. Grafenau: Lexika-Verlag.
Snow, C. P. (1967). Die zwei Kulturen. Stuttgart: Klett.

Solomon, R. L. (1949). An extension of control group-design. Psychology Bulletin, 46 (2), 137-150.

Sonnemann, R. (1987). Die Technik zwischen Werkzeug und Maschine. In: Brentjes, B., Richter, S. & Sonnemann, R. (Hrsg.), Geschichte der Technik (2. Aufl.). (S. 135-206). Köln: Aulis Verlag Deubner & Co. KG.

Sperling, H. J. (1997). Betriebe und Erwerbsarbeit. In: Kahsnitz, D., Ropohl, G. & Schmid, A. (Hrsg.), Handbuch zur Arbeitslehre (S. 195-234). München: Oldenbourg.

Staab, P. (2017). Falsche Versprechen: Wachstum im digitalen Kapitalismus. (Lizenzausgabe, Schriftenreihe, 10018). Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung.

Stanton, N.& Young, M. (1998). Ergonomics methods in consumer product design and evaluation. In: Stanton, N. (Hrsg.), Human Factors in Consumer Products (S. 21-53). London: Taylor & Francis.

Steger, G. (1952). Grundlegung des Werkunterrichts. Ansbach: Michael Prögel Verlag.

Steger, G. (1957). Kunsterziehung und Arbeitsschulgedanke im Werkunterricht der Volksschule. Blätter für Lehrerfortbildung IX. Jahrgang (11), 337-340.

Steger, G. (1958). So werken wir. Einfache Werkzeichnungen mit ausführlichen Arbeitsanweisungen (2. verb. Aufl.). Ansbach: Michael Prögel Verlag.

Steindorf, G. (2000). Grundbegriffe des Lehrens und Lernens (5. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Stelzer, O. (1929). Umrisse eines schöpferischen Experimentes. In: Moholy-Nagy, L. (Hrsg.), Von Material zu Architektur (Bauhausbücher; Bd. 14). München: Langen.

Stemmann, J. & Lang, M. (2014). Theoretische Konzeption einer allgemeinen technischen Problemlösefähigkeit und Möglichkeiten ihrer Diagnose. Journal of technical Education (JOTED), 2(1), 80-101.

Stemmann, J. (2018). Is problem solving competence in handling everyday technical devices a two-dimensional construct? In: De Vries, M., Fletcher, S., Kruse, S., Labudde, P., Lang, M., Mammes, I., Max, C.; Münk, D., Nicholl, Strobel, J. & Winterbottom, M. (Eds.), Research in Technology Education: International Approaches (S. 115-133). Münster, New York: Waxmann.

Stern, A. (1903). Hochschulen, technische. In: Rein, W. (Hrsg.), Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik (2. Aufl.). (S. 414-423). Langensalza: Hermann Beyer & Söhne (4).

Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1999). The Concept of creativity: Prospects and Paradigmas. In: Sternberg, R. J. (Hrsg.), Handbook of creativity (S. 3-15). Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press.

Stiensmeier-Pelster, J. & Heckhausen, H. (2018). Kausalattribution von Verhalten und Leistung. In: Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (Hrsg.), Motivation und Handeln (5. überarbeitete und erweiterte Aufl.) (S. 451-492). Berlin: Springer.

Stöcklin, N. (2012). Von analog zu digital: die neuen Herausforderungen für die Schule. In: Blaschitz, E., Brandhofer, G., Nosko, C. & Schwed, G. (Hrsg.), Zukunft des Lernens: Wie digitale Medien Schule, Aus- und Weiterbildung verändern (S. 57-74). Glückstadt: Verlag Werner Hülsbusch.

Stratmann, K. (1968). Gutachten zur Arbeitslehre. In. Stratmann, K. (Hrsg), Hauptschule und Arbeitslehre. Analyse der Diskussion um ein schulpädagogisches Projekt (S. 37-145). Ratingen: A. Henn Verlag.

Stratmann, K. (1983). Geschichte der beruflichen Bildung. In: Lenzen, D. (Hrsg.), Sekundarstufe II - Jugendbildung zwischen Schule und Beruf (Enzyklopädie Erziehungswissenschaft, Bd. 9.2) (S. 173-202). Stuttgart: Ernst Klett.

Stratmann, K. (1997). Die Geschichte der Berufserziehung in der ständischen Gesellschaft (1648-1806). In: Liedtke, M. (Hrsg.), Berufliche Bildung - Geschichte, Gegenwart, Zukunft. In Zusammenarbeit mit der Akademie für Lehrerfortbildung Dillingen (Schriftenreihe zum Bayerischen Schulmuseum Ichenhausen, 15) (S. 139-175). Bad Heilbrunn, Obb: J. Klinkhardt.

Stratmann, K. (1999). Technikkritik in der Reformpädagogik – das Beispiel Georg Kerschensteiner. In: Stratmann, K. (Hrsg.), Berufserziehung und sozialer Wandel (S. 647-665). Frankfurt am Main: Verlag der Gesellschaft zur Förderung arbeitsorientierter Forschung und Bildung.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In: Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe.

Stromberger, C.W. (1860). Gewerbeschulen. In: Schmidt, K. A. (Hrsg.), Encyclopädie des gesamten Erziehungs- und Unterrichtswesens. Unter Mitarbeit von C. v. Palmer und D. Wildermuth (Bd. 2). (S. 859-866). Gotha: Verlag Rudolf Besser.

Strohm, O. & Ulich, E. (Hrsg.). (1997). Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation. Zürich: vdf. Hochschulverlag.

Strohm, O. & Ulich, E. (1999). Ganzheitliche Betriebsanalyse unter Berücksichtigung von Mensch, Technik, Organisation (MTO- Analyse). In: Dunckel, H. (Hrsg.), Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren: Schriftenreihe Mensch – Technik – Organisation (Bd. 14). (S. 319-340). Zürich: vdf. Hochschulverlag.

Štuikys, V. & Burbaitė, R. (Hrsg.). (2018). Smart STEM-Driven Computer Science Education: Theory, Methodology and Robot-based Practices. Cham: Springer International Publishing; Imprint: Springer.

Tenorth, H.-E. (1988). Geschichte der Erziehung: Einführung in die Grundzüge ihrer neuzeitlichen Entwicklung. Weinheim, München: Juventa Verlag.

Terhart, E. (2000). Lehr-Lernmethoden: Eine Einführung in Probleme der methodischen Organisation von Lehren und Lernen (3. ergänzte Auflage). Weinheim, München: Juventa Verlag.

Terhart, E. (2005). Lehr-Lern-Methoden. Eine Einführung in Probleme der methodischen Organisation von Lehren und Lernen (4. ergänzte Auflage). Weinheim, München: Juventa Verlag.

Theuerkauf, W. E. (2009). Voraussetzungen zur Erfassung von Kompetenzen und Standards der technischen Bildung in der allgemeinbildenden Schule. In: Theuerkauf, W. E., Meschenmoser, H., Meier, B. & Zöllner, H. (Hrsg.), Qualität Technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik (S. 78-92). Berlin: C Machmit Verlag.

Theuerkauf, W. E. & Meschenmoser, H. (2010). Perspektiven Technischer Bildung im internationalen Kontext: Wo wir stehen und wo wir hin wollen. In: Bienhaus, W. & Schlagenhauf, W. (Hrsg.), Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts: Strukturierung und Präzisierung (S. 110-121). Freiburg: DTGB.

Thiersch, F. W. (1838a). Ueber den gegenwärtigen Zustand des öffentlichen Unterrichts in den

westlichen Staaten von Deutschland, Holland Frankreich und Belgien (Bd. 1). Stuttgart und Tübingen: J. G. Cotta.

Thiersch, F. W (1838b). Ueber den gegenwärtigen Zustand des öffentlichen Unterrichts in den westlichen Staaten von Deutschland, Holland Frankreich und Belgien (Bd. 3). Stuttgart und Tübingen: J. G. Cotta.

Thomé, D. (1989). Kriterien zur Bewertung von Lernsoftware. Heidelberg: Alfred Hüthig.

Tramm, T. & Reetz, L. (2010). Berufliche Curriculumentwicklung zwischen Persönlichkeits-, Situations- und Wissenschaftsbezug. In: Nickolaus, R. (Hrsg.), Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik (S. 220-226). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Traebert, W.-E. (1989). Technik und allgemeinbildende Schulen - Technology and general education schools. In: Boehm, K. & Schönbeck, C. (Hrsg.), Technik und Bildung (S. 154-174). Düsseldorf: VDI-Verl.

Traebert, W.-E. (1991). Technikbewertung als Aufgabe des Technikunterrichts. tu-Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 60/1991, 5.

Troitsch, U. (2007). Die Technik der frühen Neuzeit in der neueren deutschen Technikgeschichte. In: König, W. (Hrsg.), Die technikhistorische Forschung in Deutschland von 1800 bis zur Gegenwart (S. 227-251). Kassel: Kassel Univ. Press.

Tuchel, K. (1965). Technik als Bildungsaufgabe. Bemerkungen zum philosophischen und pädagogischen Verständnis der Technik. In: Roth, H. (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schulen: Vorräge und Aufsätze (S. 69-84). Hannover: Hermann Schroedel Verlag KG.

Tuchel K. (1967). Herausforderung der Technik: Gesellschaftliche Voraussetzungen und Wirkungen der technischen Entwicklung. Bremen: Carl Schünemann Verlag.

Tulodziecki, G. (2011). Handeln und Lernen in einer von Medien mitgestalteten Welt. Konsequenzen für Erziehung und Bildung. In: Albers, C., Magenheim, J. & Meister, D. M. (Hrsg.), Schule in der digitalen Welt. Medientheoretische Ansätze und Schulforschungsperspektiven (1. Aufl.) (S. 43-64). Wiesbaden:VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Uhlig, C. (2004). Zur Rezeption der Reformpädagogik in der Arbeiterbewegung vom ausgehenden 19. Jahrhundert bis zum Ende des ersten Weltkriegs. In: Sektion Historische Bildungsforschung der DGfE in Verbindung mit der Bibliothek für Bildungsgeschichtliche Forschung des Deutschen Instituts für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) (Hrsg.) (Jahrbuch für historische Bildungsforschung, Bd.10) (S. 7-36). Bad Heilbrunn, Obb: Klinkhardt.

Ulich, D. & Jerusalem, M. (1996). Interpersonale Einflüsse auf die Lernleistung. In: Weinert, F. E. (Hrsg.), Psychologie des Lernens und der Instruktion (S. 181-208). Göttingen: Hogrefe.

Ungar, T., Goossens, J. & Becker L. (2015). Digital Serious Games. In: Blötz, U. (Hrsg.), Planspiele und Serious Games in der beruflichen Bildung: Auswahl, Konzepte, Lernarrangements, Erfahrungen - Aktueller Katalog für Planspiele und Serious Games 2015 (5., überarb. Aufl.) (S. 157-179). Bielefeld: Bertelsmann.

Urhahne, D. & Harms, U. (2006). Instruktionale Unterstützung beim Lernen mit Computersimulationen. Unterrichtswissenschaft 34, 4, 358-377.

Valentine, J. C., DuBois, D. L. & Cooper, H. (2004). The relations between self-beliefs and

academic achievement: A systematic review. Educational Psychologist, 39, 111-133.

Varnai, A. S. (2006). Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats. Berlin: LOGOS-Verlag.

Varnai, A. S. & Reinhold, P. (2006). Lernen mit Simulationen in face-to-face kooperativer Lernumgebungen. In: Höttecke, D. (Hrsg.), Vorträge auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) (S. 44-47). Münster: Lit-Verlag.

Vester, F. (1990). Ausfahrt Zukunft. Strategien für den Verkehr von morgen: Eine Systemuntersuchung. München: Heyne.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.). (1991). Technikbewertung: Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf: VDI.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.). (2007). Bildungsstandards Technik für den mittleren Bildungsabschluss. Düsseldorf: VDI.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.). (2009). VDI-Richtlinie: VDI 3633 Blatt 1 Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Grundlagen. Düsseldorf: VDI.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.). (2012). Positionspapier. Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure. Online unter https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/netzwerke_aktivitaeten/dateien/Positionspapier-Technische-Allgemeinbildung.pdf

Vincent, S. & Janneck, M. (2012). Das Technikbezogene Selbstkonzept von Frauen und Männern in technischen Berufsfeldern: Modell und empirische Anwendung. In: Journal Psychologie des Alltagshandels/ Psychology of Everyday Acicity, 5(1), 53-67. Online unter http://www.allgemeine-psychologie.info/cms/images/stories/allgpsy_journal/Vol 5 No 1/Vincent_Janneck.pdf

Volpert, W. (1997). Psychische Struktur der Arbeitstätigkeit. In: Luczak, H. (Hrsg.), Handbuch Arbeitswissenschaft (S. 453-458). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.

Voß, H.-U. (2020): "Polytechniker" - Spezialistentum - Künstler. In: Wemhoff, M. & Uelsberg, G. (Hrsg.), Germanen. Eine archäologische Bestandsaufnahme (S. 158–169). Berlin: Museum für Vor- und Frühgeschichte.

Wallas, G. (1926). The art of thought. New York.

Wagenschein, M. (1960). Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Deutscher Pädagogischer Hochschultag, Didaktik in der Lehrerbildung. Bericht über den 4. Deutschen Pädagogischen Hochschultag vom 7. bis 10. Oktober 1959 in Tübingen (Zeitschrift für Pädagogik, Bd. 2) (S. 70-85). Weinheim: Julius Beltz.

Wandschneider, D. (2004). Technikphilosophie. Bamberg: C.C. Buchner.

Wannack, E. (2010). Bildung von 4- bis 8-jährigen Kindern: Grundlagen und Konzepte im Wandel. In: Leuchter, M. (Hrsg.), Didaktik für die ersten Bildungsjahre. Unterricht mit 4- bis 8-jährigen Kindern (S. 18-35). Zug: Klett und Balmer.

Warschat, J., Schimpf, S. & Korell, M. (Hrsg.) (2015). Technologien frühzeitig erkennen, Nutzenpotenziale systematisch bewerten: Methoden, Organisation, Semantische Werkzeuge zur Informationsgewinnung und -speicherung. Ergebnisse des Verbundforschungsprojektes syncTech - Synchronisierte Technologieadaption als Treiber der strategischen

Produktinnovation. Stuttgart: Fraunhofer Verlag. Online unter http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-3372495.pdf

Watson, P. (2008). Ideen: Eine Kulturgeschichte von der Entdeckung des Feuers bis zur Moderne. München: Wilhelm Goldmann Verlag.

Weber, B. (1995). Handlungsorientierte Methoden. In: Steinmann, B. & Weber, B. (Hrsg.), Handlungsorientierte Methoden in der Ökonomie (S. 17-45). Neusäß: Kieser Verlag.

Weber, M. (1956). Wirtschaft und Gesellschaft. Grundriss der verstehenden Soziologie. Tübingen: Mohr Siebeck.

Wechselberger, U. (2010). Serious Games zwischen Spiel und Ernst. In: Dittler, U. & Hoyer, M. (Hrsg.), Zwischen Kompetenzerwerb und Mediensucht: Chancen und Gefahren des Aufwachsens in digitalen Erlebniswelten aus medienpsychologischer und medienpädagogischer Sicht (S. 135-145). München: kopaed.

Wehnes, F.-J. (1964a). Schule und Technik in Ost und West. Polytechnische Bildung oder technische Elementarerziehung? (Pädagogische Taschenbücher, Bd. 2). Ratingen bei Düsseldorf: A. Henn.

Wehnes, F.-J. (1964b). Schule und Arbeitswelt. Aufgaben-Probleme-Lösungsversuche. München: Kösel Verlag.

Weidenmann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß. In: Issing, L. & Klimsa, P. (Hrsg.), Information und Lernen mit Multimedia und Internet (3. vollständig überarbeitete Aufl.) (S. 45-61). Weinheim, Basel: Beltz Psychologie-Verlags-Union.

Weinberger, A. (2017). Orchestrierungsmodelle und -szenarien technologieunterstützten Lernens. In: Ladel, S., Knopf, J. & Weinberger, A. (Hrsg.), Digitalisierung und Bildung (S. 117-139). Wiesbaden: Springer.

Weinert, F. E. (1991). Kognitives Lernen: Begriffsbildung und Problemlösen. In: Weinert, F. E. u.a. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (Bd. 2). (S. 657-683) Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuchverlag.

Weinert, F. E. (2001). Leistungsmessung an Schulen. Weinheim: Beltz.

Weishaupt, H. (1867). Die Theorie und Praxis des Zeichenunterrichts und dessen Stellung zur allgemeinen und speziell-technischen Schulbildung. Weimar: Bernhard Friedrich Voigt.

Weizsäcker v., C. F. (1980). Der Garten des Menschlichen: Beiträge zur geschichtlichen Anthropologie. Frankfurt am Main: Fischer.

Weitzel, C. G. (1908). Pädagogik für Technische Lehranstalten. Leipzig: A. Hartlebens Verlag.

Wender, I. (2005). Selbstkonzeptbildung, Interessenentwicklung, Technikbezug und Geschlecht. In: Steinbrenner, D., Kajatin, C. & Mertens, E.-M. (Hrsg.), Naturwissenschaft und Technik – (k)eine Männersache: Aktuelle Studien zur Förderung des weiblichen Nachwuchses in Naturwissenschaft und Technik (S. 39-54). Rostock: Ingo Koch Verlag.

Wendt, H. (1986). Integration der Wissenschaften. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Magdeburg, 4, 9.

Wengenroth, U. (2006). Intuitiv-heuristische Methoden. In: Banse, G. (Hrsg.), Erkennen und Gestalten: Eine Theorie der Technikwissenschaften (S. 133-144). Berlin: edition sigma.

Wensierski, H.-J. von (2015). Technik und Naturwissenschaft im Jugendalter. Die Entwicklung von Fachorientierungen im Geschlechtervergleich - eine empirische Schülerstudie (Studien zur technischen Bildung, Bd. 3). Leverkusen: Budrich.

Wensierski, H.-J. von & Sigeneger, J. –S. (2015). Technische Bildung. Ein pädagogisches Kon-

zept für die schulische und außerschulische Kinder- und Jugendbildung (Studien zur technischen Bildung, Bd. 1). Leverkusen: Verlag Barbara Budrich.

Werder, L. von (1975). Erziehung und gesellschaftlicher Fortschritt: Einführung in die soziologische Erziehungswissenschaft. Frankfurt/Main-Berlin-Wien: Ullstein.

Wernke, S. & Zierer, K. (2017). Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich? In: Wernke, S. & Zierer, K. (Hrsg.), Die Die Unterrichtsplanung. Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich? Status Quo und Perspektiven aus Sicht empirischer Forschung (S.7-16). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wesemann, M. (2006). Das Verhältnis von Didaktik und Methodik. In: Arnold, K.-H. (Hrsg.), Handbuch Unterricht (S. 244-251). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wessels, B. (1969). Die Werkerziehung (2. durchgesehene Auflage). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt

Westphalen, R. von (1984). Geschichte der Technik: Geisteswissenschaftliche Voraussetzungen (Grundwissen: Technik und Gesellschaft, Bd. 1). Köln: Deutscher Instituts Verlag.

Weyer, J. (2006). Technik. In: Schäfers, B. & Kopp, J. (Hrsg.), Grundbegriffe der Soziologie (9. überarbeitete und aktualisierte Aufl.). (S. 325-328). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Weyer, J. & Roos, M. (2017). Agentenbasierte Modellierung und Simulation. Instrument prospektiver Technikfolgenabschätzung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 26 (3), 11-16. Online unter http://www.tatup.de/index.php/tatup/article/view/60/107

Wiechmann, J. (2002). Methodenvielfalt für die Schulpraxis. Pädagogische Rundschau, 56, 393–409.

Wiechmann, J. (2006). Grundlagen der Unterrichtsmethodik. In: Arnold, K.-H.; Sandfuchs, U. & Wiechmann, J. (Hrsg.), Handbuch Unterricht (S. 215-220). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wiener, N. (1948). Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine. Cambridge, MA: MIT Press.

Wiese, L. A. (1869). Das höhere Schulwesen in Preußen. Historisch - statistische Darstellung. Berlin: Wiegand und Grieben.

Wigfield, A. & Eccles, J. (1992). The development of achievement tasks values: A theoretical analysis. Development Review, 12, 265-310.

Wigfield, A. & Eccles, J. (2002). The development of competence beliefs, expectancies for success, and achievement values from childhood through adolescence. In: Wigfield, A. & Eccles, J. (Hrsg.). Development of achievement motivation (S. 91-120). San Diego: Academic press. Online unter https://doi.org/10.1016/B978-012750053-9/50006-1

Wild, K. P. (2000). Lernstrategien im Studium: Strukturen und Bedingungen. Münster: Waxmann.

Wildner, C. (2007). Die Nutzwertanalyse. In: Retzmann, T. (Hrsg.), Methodentraining für den Ökonomieunterricht. Schwalbach: Wochenschau Verlag.

Wildt, J. (2009). Forschendes Lernen: Lernen im „Format“ der Forschung. Journal Hochschuldidaktik, 20(2), 4-7.

Will, H., Winteler, A. & Krapp, A. (Hrsg.). (1987). Evaluation in der beruflichen Aus- und Weiterbildung (Schriftreihe moderne Berufsbildung). Heidelberg: Sauer.

Wilkening, F. (1970). Technische Bildung im Werkunterricht: Geschichtliche Entwicklung und gegenwärtige Problematik. Weinheim: Beltz.

Wilkening, F (1997). Technische Bildung. Geschichte – Probleme – Perspektiven. In: Fast, L.

& Seifert, H. (Hrsg.), Technische Bildung. Geschichte, Probleme, Perspektiven. Didaktische Materialien zur technischen Bildung. Kongreß Technische Bildung - Kongreßbericht Landesmuseum für Technik und Arbeit, Mannheim 23. bis 25. September 1996 (S. 20-39). Weinheim: Dt. Studien-Verl.

Wilkening, F., Lindemann, K. & Schmayl, W. (1977). Unterrichtsverfahren im Lernbereich Arbeit und Technik (1. Aufl.). Ravensburg: Maier.

Winkel, R. (1991). Die siebzehn Unterrichtsmethoden. In: Gudjons, S., Teske, R. & Winkel, R. (Hrsg.), Unterrichtsmethoden. Grundlegung und Beispiele (3. Aufl.). (S. 11-23). Hamburg: Bergmann + Helbig Verlag.

Winker, G. & Wolffram, A. (2005). Technikhaltungen von Studentinnen und Studenten in Zukunftstechnologien. In: Steinbrenner, D., Kajatin, C. & Mertens, E.-M. (Hrsg.), Naturwissenschaft und Technik – (k)eine Männersache: Aktuelle Studien zur Förderung des weiblichen Nachwuchses in Naturwissenschaft und Technik (S. 161-174). Rostock: Ingo Koch Verlag.

Wöhe, G. & Döring, U. (2002). Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre (21., neubearb. Aufl.). München: Franz Vahlen.

Wolffgramm, H. (1994). Allgemeine Techniklehre. Elemente, Strukturen, Gesetzmäßigkeiten (Allgemeine Technologie, Bd. 1). Hildesheim: Franzbecker.

Wolsing, T. (1977). Untersuchungen zur Berufsausbildung im Dritten Reich (Schriftenreihe zur Geschichte und Politischen Bildung). Kastellaun: Aloys Henn Verlag.

Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H. & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. Journal of Educational Psychology, 105(2), 249-265. http://dx.doi.org/10.1037/a0031311

Wußing, H. (Hrsg.). (1987). Geschichte der Naturwissenschaft (2. durchgesehene Auflage). Köln: Aulis-Verl.

Zendler, A. (Hrsg.). (2018). Unterrichtsmethoden für den Informatikunterricht. Mit praktischen Beispielen für prozess- und ergebnisorientiertes Lehren. Wiesbaden: Springer.

Zendler, A. & Klaudt, D. (2018). Bewertung von Unterrichtsmethoden durch Informatiklehrer. In: Andreas Zendler (Hrsg.), Unterrichtsmethoden für den Informatikunterricht: Mit praktischen Beispielen für prozess- und ergebnisorientiertes Lehren (S. 131-141). Wiesbaden: Springer.

Zhang, J., Chen, Q., Sun, Y. & Reid, D. J. (2004). Triple scheme of learning support for scientific discovery leaming based on Computer Simulation: experimental research. Journal of Computer Assisted Learning, 20, 269-282.

Zinn, B. (2008). Technischer Unterricht. In: Zinn, B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.). Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (S. 115-122). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Zinn, B. (2014). Technische Allgemeinbildung – Bedeutungsspektrum, Bildungsstandards und Forschungsperspektiven. Journal of Technical Education (JOTED), 2(2), 24-47.

Zinn, B. (2018a). Technikdidaktik in der Allgemeinbildung. In: Zinn, B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (S. 63-69). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Zinn, B. (2018b). Das technische Experiment als ein zentrales methodisches Element in der technischen Bildung. In: Zinn, B.; Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik. Eine

interdisziplinäre Bestandsaufnahme (S. 147-155). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Zinn, B. (2018c). Technisches Lernen am Gymnasium. In: Zinn. B., Tenberg, R. & Pittich, D. (Hrsg.), Technikdidaktik: Eine interdisziplinäre Bestandsaufnahme (1. Aufl.) (S. 231-238). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Zoglauer, T. (1996). Über das Verhältnis von reiner und angewandter Forschung. In: Banse, G. & Friedrich, H. (Hrsg.), Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung: Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln (S. 77-104). Berlin: ed. Sigma.

Zwingenberger, A. (2009). Wirksamkeit multimedialer Lernmaterialien: Kritische Bestandsaufnahme und Metaanalyse empirischer Evaluationsstudien. Münster: Waxmann.

Ausgewertete Forschungsberichte

Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) (Hrsg.) (2007): Neue Wege zum wirtschaftlichen Leichtbau. Innovative Lösungen zur Blechumformung und mechanischen Fügetechnik Tagungsband T 27. Hannover: EFB.

Gesellschaft für Arbeitswissenschaft Tagungsband (2015). Verantwortung für die Arbeit der Zukunft. Dokumentation des 61. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses Karlsruhe 25.02.-27.02.2015

Kasper, R. u.a. (Hrsg.) (1999). Entwicklungsmethoden und Entwicklungsprozesse im Maschinenbau: Tagungsband/ 4. Magdeburger Maschinenbau-Tage. Berlin: Logos- Verlag

Pohl, M. (2004). Tagungsband Werkstoffprüfung. Konstruktion, Qualitätssicherung und Schadensanalyse. Neu-Ulm: Werkstoff-Informationsgesellschaft mbH.

Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2007). 13. internationaler Kongress. Elektronik im Kraftfahrzeug. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH.

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Werkzeug – Maschine – Automat 7
Abb. 2.1: Schüler bei der Variantenkonstruktion eines Bauteils mit einer CAD-Anwendung 66
Abb. 3.1: Erkenntnis- und Arbeitsmethoden – Mittler zwischen Individuum und Technik 69
Abb. 3.2: Methodenaufklärung durch Wissenschaftsdisziplinen 80
Abb. 3.3: ZIEL-System als Grundlage methodischer Entscheidungen 81
Abb. 4.1: Didaktisches Raster zur Konkretisierung von Bildungszielen im Bereich technischer Bildung 94
Abb. 4.2: Tiefe und Breite technischen Wissens und Könnens 98
Abb. 4.3: Struktur technischen Wissens, kontrastiert mit wissenschaftlichem Wissen (Kornwachs 2013, S. 143) 101
Abb. 4.4: Bestandteile technischen Wissens 102
Abb. 4.5: Entscheidungsraum zur Bestimmung übergeordneter Bildungsziel und konkreter Lernziele technischer Bildung (vgl. Köck 2007, S. 56) 104
Abb. 4.6: Achtstufige Sachsystem-Hierarchie (Ropohl 1994, S. 15) 125
Abb. 4.7: Allgemeine Black-Box-Darstellung technischer Systeme 126
Abb. 4.8: Grundsätzliche Vorgänge des Stoff-, Energie- und Informationsumsatzes technischer Systeme 127
Abb. 4.9: Zusammenhänge bei technischen Systemen 128
Abb. 4.10: Soziotechnisches (Arbeits-)System (vgl. Luczak 1998, S. 27) 128
Abb. 4.11: Hierarchisch-sequentielle Organisation einer Ausbildungsaufgabe (vgl. Schelten 2002) 134
Abb. 4.12: Determinierende Faktoren technischer Entwicklung 137
Abb. 4.13: Werte im technischen Handeln (VDI 3780) 140
Abb. 4.14: Typen der Technikbewertung 141
Abb. 4.15: Methodenaufklärung durch pädagogische bzw. technikdidaktische Aspekte 155
Abb. 5.1: Feld der Möglichkeiten, Problemlöseprozesse des Ingenieurs zu unterstützen (Müller 1990, S. 16) 160
Abb. 5.2: Methodenaufklärung aus technikwissenschaftlicher und wissenschaftstheoretischer Perspektive 173
Abb. 6.1: Kreativitätstechniken – Schülerinnen bei der Arbeit mit dem Ideomat 188
Abb. 6.2: Methodenaufklärung durch (lern)- und kognitionspsychologische Aspekte 190
Abb. 7.1: Die einzelnen Phasen der Leittextmethode (nach Bockelbrink, Jungnickel & Koch 1988) 199
Abb. 7.2:Aufgabe: „Nacherfinden“ eines Seitenwenders für Bücher 203
Abb. 7.3: Schüler überlegen, wo Aktoren und Sensoren eingebaut werden müssen 203
Abb. 7.4: Anforderungen an die Konstruktion aus den Produktlebensphasen 204
Abb. 7.5: Projekt mit Vorschulkindern: Parkhaus mit Lichtanlage 210
Abb. 7.6: Der Szenario-Trichter und die drei Grundtypen des Szenarios 214
Abb. 7.7: Wasserrad zum Antrieb eines Hammers – Bewegungsanalyse mittels CAD 219
Abb. 7.8: Arbeitsblatt zur Unterstützung der Findung von Produktideen 228
Abb. 7.9: S-Kurve in allgemeiner Darstellung (Grunwald & Langenbach 1999, S. 130 in Grunwald 2002, S. 221) 235
Abb. 7.10: Morphologische Klassifikation mit Lösungsoptionen 237
Abb. 7.11: Beispiel einer Cross-Impact-Analyse (Vester 1990, S. 36) 238
Abb. 7.12: Beispiel einer Nutzwertanalyse 241
Abb. 8.1: Das Selbstkonzept als Mediator im Erwartungs-Wert-Modell (in Möller & Trautwein 2014, S. 195) 257
Abb. 8.2: Modell des technikbezogenen Selbstkonzepts (Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012, S. 293) 259
Abb. 8.3: Untersuchungsdesign der Befragung 262
Abb. 8.4: Untersuchungsdesign mit Lerntagebuch 267

Abb. 8.5: Skalenmittelwerte der an der Studie beteiligten Studierenden (MZP A, N= 75) im Vergleich zu Studierenden anderer Hochschulen (MZP A, N= 137) und den Mittelwerten der TSK- Skalen (N=1142 bzw. $N_{Technikbild}$ = 600) 278
Abb. 8.6: Mittelwertvergleich der Skalenwerte nach Geschlecht bei der ersten Messung (MZP A) 283
Abb. 8.7: Mittelwertvergleich der Skalenwerte nach Geschlecht bei der zweiten Messung (MZP B) 285
Abb. 10.1: Technikgeschichte am Beispiel der Entwicklung der Heiztechnik 426
Abb. 10.22: Grundkategorien der Technik am Beispiel einer Heizungsanlage 427
Abb. 10.3: Zusammenhang zwischen Anforderungen und Wahl der Baustoffe 427
Abb. 10.4: Steuerung des Energiebedarfs in Abhängigkeit von Bedarf und Energiesystemen 428
Abb. 10.5: NAND-Gatter als Beispiel für Schaltungstechnik 429
Abb. 10.6: Übertragung von Informationen durch Signalmodulation 429
Abb. 10.7: Fertigungsverfahren 430
Abb. 10.8: Feststellung des Energiebedarfs laufender Geräte 430
Abb. 10.9: Erstellung eines Codes mittels CNC-Simulation 431
Abb. 10.10: Programmierung einer Sortieranalage mit einer grafischen Programmieroberfläche 431
Abb. 10.11: Programmieren einer Abstandskontrolle mit Scratch (https://scratch.mit.edu/) 432
Abb. 10.12: Technikbewertung: Werte, Wichtung und Zuordnung zu Pro und Contra 432

9.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1: Simulative Methoden und Methoden der Realbegegnung 73
Tab. 3.2: Einteilung der Methoden im Technikunterricht (s. Schmayl 1999) 76
Tab. 4.1: Kompetenzbereiche für das Fach Technik lt. Empfehlung des VDI (2007) 97
Tab. 4.2: Operationsnamen als Grundlage für die Beschreibung von Lern- und Feinzielen im Rahmen technischer Bildung (vgl. Müller 1990, S. 107) 105
Tab. 4.3: Vergleich von Inhaltsdimensionen (Theuerkauf 2009, S. 85) 121
Tab. 4.4: Technische Handlungen in den Produktlebensphasen (Henseler & Höpken 1996, S. 34) 131
Tab. 4.5: Problemtypen zur Dimensionierung allgemeiner technischer Problemlösekompetenz (Stemmann & Lang 2014, S. 88) 133
Tab. 4.6: Beispiele für heuristische Denkhilfen (vgl. Schelten 2005; Klein 1990) 153
Tab. 7.1: Beispiele für Fragen zur Analyse von Teilfunktionen oder Teilprozessen 205
Tab. 7.2: Beispiele für Fragen zur konstruktiven Lösung einzelner Teilfunktionen oder Teilprozesse 206
Tab. 7.3: Gliederung von Maschinen in Funktions- und Baueinheiten 207
Tab. 7.4: Auflistung der Anforderungen, Funktionen und Lösungsmöglichkeiten am Beispiel einer Spielesammlung 208
Tab. 7.5: Simulationen in Forschung, Entwicklung und Praxis und Kompetenzerwerb (vgl. Brychta & Müller 2004, S. 10; VDI 2007) 220
Tab. 7.6: Ablauf eines Benutzungstests (Adler et al. 2010, S. 56 ff.) 231
Tab. 7.7: Raster für mögliche Wirkungen des Technikeinsatzes auf den Menschen (Grupp 1994, S. 81) 233
Tab. 7.8: Raster für mögliche Wirkungen des Technikeinsatzes auf die Umwelt (Grupp 1994, S. 81) 233
Tab. 7.9: Beispiel für einen Morphologischen Kasten im Rahmen der Projektinitiative zur Klärung des Fertigungsverfahrens für eine Haltevorrichtung 236
Tab. 8.1: Gliederung des Lerntagebuchs 268
Tab. 8.2: Anzahl der Teilnehmenden an der Befragung getrennt nach Gruppen 272
Tab. 8.3: Geschlechterverteilung der Teilnehmenden an der Befragung getrennt nach Gruppen 272
Tab. 8.4: Altersverteilung aller Teilnehmenden an der Befragung 272
Tab. 8.5: Altersverteilung der Teilnehmenden an der Interventionsstudie 272
Tab. 8.6: Konsistenzwerte für die TSK-Skalen aus der Studienstichprobe 273
Tab. 8.7: Richtwerte für die Interpretation von Effekten (Döring & Bortz 2016, S. 820) 276
Tab. 8.8: Ergebnisse Mann-Whitney-U-Test und Effektstärken für die Gruppierung aller Teilnehmer an der Befragung nach Geschlecht zum MZP A 278
Tab. 8.9: Lagemaße der Skalenmittelwerte getrennt nach Jahr der Datenerhebung, Messzeitpunkten sowie für alle Teilnehmenden an der Studie 280
Tab. 8.10: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung aller Studienteilnehmenden (N=75) 281
Tab. 8.11: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken für alle Studienteilnehmenden < 25 Jahre (N= 48) 282
Tab. 8.12: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken für alle Studienteilnehmenden > 25 Jahre (N= 21) 282
Tab. 8.13: Ergebnisse Mann-Whitney-Test und Effektstärken, Gruppenvergleich nach Geschlecht zum Messzeitpunkt A 284
Tab. 8.14: Ergebnisse Mann-Whitney-Test und Effektstärken, Gruppenvergleich nach Geschlecht zum Messzeitpunkt B 285
Tab. 8.15: Lagemaße der Skalen getrennt nach Geschlecht und Messzeitpunkten sowie aller Studienteilnehmer zum Vergleich 286

Tab. 8.16: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für alle Frauen an der Studie (N=44) 287
Tab. 8.17: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für alle Männer an der Studie (N=31) 288
Tab. 8.18. Ergebnisse Mann-Whitney-Test, Vergleich Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt A (N=75) 288
Tab. 8.19: Ergebnisse Mann-Whitney-Test: Vergleich Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt B (N=75) 289
Tab. 8.20: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für Gruppe SIM (N= 31) 289
Tab. 8.21: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für Gruppe MAN (N= 34) 290
Tab. 8.22: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Frauen in der Gruppe SIM (N= 23) 291
Tab. 8.23: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Frauen in der Gruppe MAN (N= 21) 291
Tab. 8.24: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Männer in der Gruppe SIM (N= 18) 292
Tab. 8.25: Ergebnisse Wilcoxon-Test und Effektstärken, Vorher-Nachher-Messung für die Männer in der Gruppe MAN (N= 13) 293
Tab. 8.26. Ergebnisse Mann-Whitney-Test: Vergleich der Teilnehmerinnen innerhalb der Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt B (N=44) 294
Tab. 8.27: Ergebnisse Mann-Whitney-Test: Vergleich der Teilnehmer innerhalb der Gruppe SIM und MAN zum Messzeitpunkt B (N=31) 294
Tab. 8.28: Lerntagebücher – Verteilung der Geschlechter 297
Tab. 8.29: Lerntagebücher – Anzahl der Teilnehmer pro Mediennutzungsgruppe 298
Tab. 8.30: Geschlechterverteilung der Stichprobe in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 298
Tab. 8.31: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Erleben des Lernprozesses“ 299
Tab. 8.32: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Erleben des Lernprozesses“ (Fortsetzung) 300
Tab. 8.33: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ 301
Tab. 8.34: Anker- bzw. Codierungsbeispiele für die Codierung der Statements aus dem Bereich „Nutzen und Verwertbarkeit dieses Wissens“ (Fortsetzung) 302
Tab. 8.35: Dominanz der Subkategorien in den Dokumenten nach Mediennutzungsgruppen – absolute Häufigkeiten und Spaltenprozente 305
Tab. 8.36: Dominanz der Subkategorien in den Dokumenten nach Geschlecht– absolute Häufigkeiten und Spaltenprozente 306
Tab. 8.37: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Interesse“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 307
Tab. 8.38: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Interesse“ in Bezug auf Gruppen und Geschlechtszugehörigkeit 307
Tab. 8.39: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Interesse“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 308
Tab. 8.40: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Motivation“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 310

Tab. 8.41: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Motivation“ in Bezug auf Gruppen und Geschlechtszugehörigkeit 311
Tab. 8.42: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Motivation“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 311
Tab. 8.43: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Zugang“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 314
Tab. 8.44: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Zugang“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 314
Tab. 8.45: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Zugang“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 315
Tab. 8.46: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernhilfe“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 317
Tab. 8.47: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernhilfe“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 317
Tab. 8.48: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernhilfe“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 318
Tab. 8.49: Häufigkeiten und Spaltenprozente und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Anschaulichkeit“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 320
Tab. 8.50: Häufigkeiten und Spaltenprozente und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Anschaulichkeit“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 320
Tab. 8.51: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Anschaulichkeit“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 321
Tab. 8.52: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Schwierigkeit“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 322
Tab. 8.53: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Schwierigkeit“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 323
Tab. 8.54: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Schwierigkeit“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 323
Tab. 8.55: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Freude“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 325
Tab. 8.56: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Freude“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 325
Tab. 8.57: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Freude“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 327
Tab. 8.58: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernklima“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 329
Tab. 8.59: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernklima“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 329
Tab. 8.60: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernerfolg“ in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit 330
Tab. 8.61: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernerfolg“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 330
Tab. 8.62: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lernerfolg“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 331
Tab. 8.63: Tendenz der Urteile zum Erleben des Lernprozesses nach Auswertung der Codings 333
Tab. 8.64: Dominanz der Subkategorien in den Falldokumenten nach Mediennutzungsgruppen –absolute Häufigkeiten und Spaltenprozente 335
Tab. 8.65: Dominanz der Subkategorien in den Falldokumenten nach Geschlecht 335

Tab. 8.66: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Transfer“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit 336
Tab. 8.67: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Transfer“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 336
Tab. 8.68: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Transfer“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 337
Tab. 8.69: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Gesellschaftsbezug“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit 339
Tab. 8.70: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Gesellschaftsbezug“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 339
Tab. 8.71: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Technikzentrierte Gesellschaft“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 340
Tab. 8.72: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Alltagsbezug“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit 343
Tab. 8.73: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Alltagsbezug“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 344
Tab. 8.74: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Alltag“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 345
Tab. 8.75: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ in Bezug auf Gruppenzugehörigkeit 348
Tab. 8.76: Häufigkeiten und Spaltenprozente der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ in Bezug auf Gruppen- und Geschlechtszugehörigkeit 348
Tab. 8.77: Prozentuale Häufigkeiten der Codings für die Ausprägungen der Kategorie „Lehrer für Wirtschaft und Beruf“ in Bezug auf Inhaltsbereiche und Gruppenzugehörigkeit 349
Tab. 10.1: TSK-Skalen mit Items, Mittelwerte (M), Standardabweichungen (s), interne Konsistenzen (Cronbachs α), Variationsbreite der Trennschärfen (rit) (Janneck/ Vincent-Höper/ Othersen 2012) 419
Tab. 10.2: TSK-Skalen (Fortsetzung) 420
Tab. 10.3: Codebuch Technikbezogenes Selbstkonzept 421
Tab. 10.4: Codebuch Fortsetzung - Motivationale Bezüge 422
Tab. 10.5: Codebuch Fortsetzung - Motivationale Bezüge 423
Tab. 10.6: Codebuch Fortsetzung - Kognitive Bezüge 424
Tab. 10.7: Codebuch Fortsetzung - Kognitive Bezüge 425

10 Anhang

10.1 TSK-Skalen. Technikbezogenes Selbstkonzept

Tab. 10.1: TSK-Skalen mit Items, Mittelwerte (M), Standardabweichungen (s), interne Konsistenzen (Cronbachs α), Variationsbreite der Trennschärfen (rit) (Janneck/ Vincent-Höper/ Othersen 2012)

	Skalen	Items	M	s	α	r_{it}
Konativ	Erfahrung	Ich habe schon frühzeitig praktische Erfahrungen im Umgang mit Technik gesammelt (z. B. technisches Spielzeug, Basteln, Reparieren) (-) Ich habe mich in der Kindheit und Jugend wenig mit Technik beschäftigt In meiner Freizeit beschäftige ich mich viel mit Technik (z.B. Basteln, Reparaturen, Hobbies mit Technikbezug)	3,73	0,93	0,73	0,51-0,73
Motivational	Affekt	Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik Technik fasziniert mich	3,97	0,92	0,81	0,68
	Verstehen	Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt	3,92	0,91	0,82	0,69
	Gestalten	Ich beschäftige mich mit Technik, weil ich damit etwas gestalten kann Ich finde es interessant, mit Technik etwas zu erschaffen	3,86	0,90	0,79	0,65
	Technikangst	Im Umgang mit technischen Geräten habe ich Angst, etwas falsch zu machen Im Umgang mit technischen Geräten befürchte ich, etwas kaputt zu machen Ich habe Hemmungen im Umgang mit Technik	1,61	0,70	0,83	0,81
	Anwenden	Technik ist für mich nur ein Mittel zum Zweck Technik muss funktionieren, technische Details interessieren mich dabei nicht	2,64	1,00	0,67	0,51

Tab. 10.2: TSK-Skalen (Fortsetzung)

	Skalen	Items	M	s	α	r_{it}
kogni-tiv	Kompetenz	Ich halte mich im Umgang mit technischen Geräten für sehr kompetent Im Umgang mit Technik bin ich sicherer als der Durchschnitt Ich habe umfassende Technikkenntnisse	3,50	0,83	0,88	0,82-0,86
	Selbstwirksam-keitserwartung	Technischen Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine technischen Fertigkeiten verlassen kann Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen Wenn ich mit technischen Problemen konfrontiert bin, finde ich Mittel und Wege, sie zu lösen Wenn ich mich bemühe, gelingt mir in der Regel die Lösung technischer Probleme	3,76	0,71	0,89	0,85-0,86
	Attribution (internal)	Wenn ein technisches Gerät nicht richtig funktioniert, liegt es in der Regel daran, dass ich etwas falsch gemacht habe Wenn technische Probleme auftreten, liegt die Ursache in der Regel bei mir selbst	2,45	0,77	0,75	0,59
	Attribution (external)	Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme, die auftreten	1,76	0,69	0,63	0,46
	Strategien	Ich habe keine Scheu davor, neue technische Geräte einfach auszuprobieren	4,00	0,79	0,63	0,46
	Technik-bild	Ich bin der Meinung, dass die positiven Auswirkungen technologischer Entwicklungen überwiegen (-) Den derzeitigen technischen Entwicklungen stehe ich kritisch gegenüber Technische Entwicklungen sind wichtig für den gesellschaftlichen Fortschritt	3,95	0,64	0,68	0,52-0,66

Anmerkungen: N=1142; $N_{(Technikbild)}$ = 600; Die Antwortskala ist fünfstufig Likert-skaliert: trifft nicht zu (1), trifft wenig zu (2), trifft etwas zu (3), trifft überwiegend zu (4), trifft völlig zu (5)

10.2 Codebuch

Tab. 10.3: Codebuch Technikbezogenes Selbstkonzept

Variablenlabel bzw. vollständige Frage		Wertelabels	Variablentyp	Skalenniveau
Passwort		Text	String	nominal
Alter		Zahl	numerisch	metrisch
Geschlecht		m = männlich w = weiblich 0 = keine Angabe	String	nominal
Studiengang		Text	String	nominal
Angabe zur Bildungseinrichtung		1 = Mittelschule 2 = Gymnasium 3 = Universität Eichstätt-Ingolstadt 4 = Universität Regensburg 5 = Universität Würzburg 6 = TU München 7 = Universität Augsburg 8 = Universität Bamberg 9 = Universität Passau 0 = keine Angabe	String	nominal
Gruppe		1 = TN mit Simulationen 2 = TN mit stat. Material 3 = Kontrollgruppe 4 = TN nur MZP 1 5 = TN nur MZP 2	String	
Erfahrung				
ke1	Ich habe schon frühzeitig praktische Erfahrungen im Umgang mit Technik gesammelt (z. B. technisches Spielzeug, Reparieren)	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
ke2*	Ich habe mich in der Kindheit und Jugend wenig mit Technik beschäftigt	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
ke3	In meiner Freizeit beschäftige ich mich viel mit Technik (z. B. Basteln, Reparaturen, Hobbies mit Technikbezug)	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal

*Anmerkungen: * umgepolt*

Tab. 10.4: Codebuch Fortsetzung - Motivationale Bezüge

Variablenlabel (vollständige Frage)		**Wertelabels**	**Variablen-typ**	**Skalenniveau**
Affekt				
maf1	Ich habe großen Spaß an der Auseinandersetzung mit Technik	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
maf2	Technik fasziniert mich	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Verstehen				
mv	Wenn ein technisches Gerät nicht funktioniert, möchte ich verstehen, woran es liegt	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Gestalten				
mg1	Ich beschäftige mich mit Technik, weil ich damit etwas gestalten kann	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
mg2	Ich finde es interessant, mit Technik etwas zu erschaffen	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal

Tab. 10.5: Codebuch Fortsetzung - Motivationale Bezüge

Variablenlabel bzw. vollständige Frage		**Wertelabels**	**Variablentyp**	**Skalenniveau**
Technikangst				
mt 1	Im Umgang mit technischen Geräten habe ich Angst, etwas falsch zu machen	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
mt 2	Im Umgang mit technischen Geräten befürchte ich, etwas kaputt zu machen	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
mt 3	Ich habe Hemmungen im Umgang mit Technik	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Anwenden				
man1	Technik ist für mich nur ein Mittel zum Zweck	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
man2	Technik muss funktionieren, technische Details interessieren mich dabei nicht	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal

Tab. 10.6: Codebuch Fortsetzung - Kognitive Bezüge

Variablenlabel bzw. vollständige Frage		**Wertelabels**	**Variablentyp**	**Skalenniveau**
Kompetenz				
	Ich halte mich im Umgang mit technischen Geräten für sehr kompetent	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
kk 2	Im Umgang mit Technik bin ich sicherer als der Durchschnitt	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
kk 3	Ich habe umfassende Technikkenntnisse	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Selbstwirksamkeitserwartung				
ks1	Technischen Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich mich immer auf meine technischen Fertigkeiten verlassen kann	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
ks2	Ich fühle mich den meisten technikbezogenen Anforderungen gewachsen	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
ks3	Wenn ich mit technischen Problemen konfrontiert bin, finde ich Mittel und Wege, sie zu lösen	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
ks4	Wenn ich mich bemühe, gelingt mir in der Regel die Lösung technischer Probleme	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal

Tab. 10.7: Codebuch Fortsetzung - Kognitive Bezüge

Variablenlabel bzw. vollständige Frage		**Wertelabels**	**Variablentyp**	**Skalenniveau**
Attribution (internal)				
kati 1	Wenn ein technisches Gerät nicht richtig funktioniert, liegt es in der Regel daran, dass ich etwas falsch gemacht habe	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
kati 2	Wenn technische Probleme auftreten, liegt die Ursache in der Regel bei mir selbst	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Attribution (external)				
kate 1	Die Funktionsweise von Technik erscheint mir oft willkürlich	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
kate 2	Ich habe keine Kontrolle über technische Probleme, die auftreten	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Strategien				
kst	Ich habe keine Scheu davor, neue technische Geräte einfach auszuprobieren	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
Technikbild				
kt1	Ich bin der Meinung, dass die positiven Auswirkungen technologischer Entwicklungen überwiegen	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
kt2*	Den derzeitigen technischen Entwicklungen stehe ich kritisch gegenüber	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal
kt3	Technische Entwicklungen sind wichtig für den gesellschaftlichen Fortschritt	1 = trifft nicht zu 2 = trifft wenig zu 3 = trifft etwas zu 4 = trifft überwiegend zu 5 = trifft völlig zu 0 = keine Angabe	numerisch	ordinal

*Anmerkungen: * umgepolt*

10.3 Beschreibung der eingesetzten simulativen Elemente

Nachstehend wird eine Auswahl an Medienelementen vorgestellt, die im Rahmen der Untersuchung eingesetzt wurden. Die Applikationen sind Teil des vom Autor für die Virtuelle Hochschule Bayern (vhb) erstellten Kurses „Grundlagen der Technik“. Zielgruppe des Kurses sind Lehramtsstudierende mit dem Studienfach Arbeitslehre. Die Interaktionsmöglichkeiten der Lernenden mit den Anwendungen sind unterschiedlich. Die Bandbreite reicht von eher animativen Elementen, bei denen die Eingriffsmöglichkeiten auf eine Steuerung des Ablaufprozesses beschränkt bleiben, bis hin zu umfangreicheren simulativen Anwendungen mit Planspielcharakter. Die Beschränkung der Eingriffsmöglichkeiten erfolgte in der Absicht, die Komplexität niedrig und die Anwendungsfreundlichkeit hoch zu halten.
Inhaltlich fokussieren die simulativen Elemente folgende Themenbereiche: Technikgeschichte; Stoff, Energie, Information als Grundkategorien der Technik; Energietechnik; Produktionstechnik; Kommunikations- und Informationstechnik und Technikbewertung. Die in Zusammenhang mit den Medienelementen erteilten Aufgaben zielen auf die im VDI-Vorschlag für technikbezogene Kompetenzen vorgestellten Bereiche: Technik verstehen, konstruieren und herstellen, nutzen und bewerten.
Das erste Element bezieht sich auf die Technikgeschichte und die damit verbundene Frage der Linearität technischer Entwicklungen. Der Nutzer kann hier drei Heizmöglichkeiten mittels Temperaturmessgerät untersuchen und in Bezug auf Behaglichkeit und Zweckdienlichkeit bewerten (s. Abb.10.1). Untersucht werden kann die Temperaturverteilung bei einer römischen Hypokaustenheizung, einem offenen Lagerfeuer sowie einem offenen Kamin, wie er im Mittelalter gebräuchlich war. Ziel der mit dem simulativen Element verbundenen Aufgabenstellung ist es, über die Stetigkeit des technischen Fortschritts zu reflektieren.

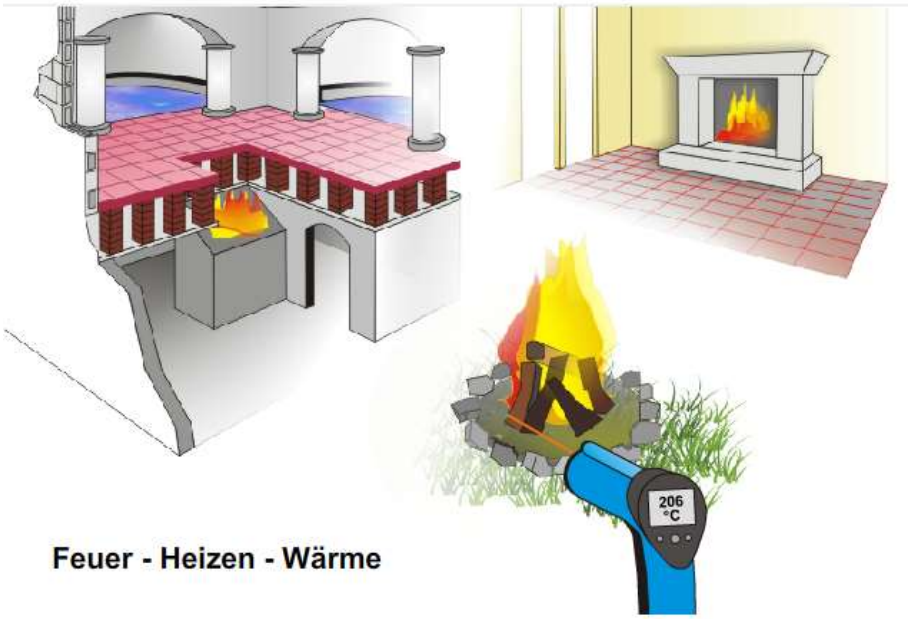

Abb. 10.1: Technikgeschichte am Beispiel der Entwicklung der Heiztechnik

Zusammenhang und Bedeutung der elementaren Grundkategorien der Technik zu erfassen, ist die Intention des nachfolgend dargestellten simulativen Elements. Der Nutzer soll eine Heizungsanlage in Betrieb nehmen (s. Abb. 10.2). Dazu müssen verschiedene Schalter, Regler und Steuerungen bedient werden.

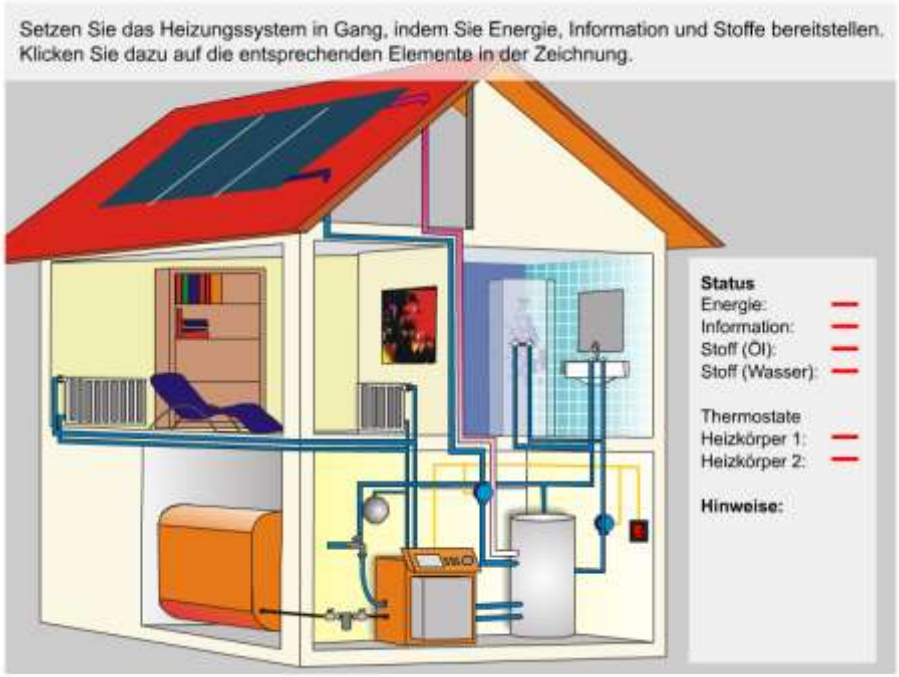

Abb. 10.22: Grundkategorien der Technik am Beispiel einer Heizungsanlage

Auf eine Vertiefung des Wissens über Bauteilanforderungen und dafür geeignete Baustoffe zielt die anschließend dargestellte App. Die einzelnen Bauteile können interaktiv untersucht werden.

Abb. 10.3: Zusammenhang zwischen Anforderungen und Wahl der Baustoffe

In der nächsten Simulation sollen die Nutzer ausgehend von einem im Tagesverlauf variierenden Energiebedarf in einer Art Energieleitzentrale die Stromversorgung sicherstellen. Dazu müssen drei Energiesysteme, nämlich Atomenergie, Kohlekraftwerk sowie Wasserkraftwerk gesteuert werden. Der Nutzer bekommt Rückmeldungen über den Energiebedarf, aber auch über begrenzte Steuerungsmöglichkeiten, etwa bei der Atomkraft. Mit Hilfe der Simulation kann in Erfahrung gebracht werden, welche Energiesysteme existieren und wie sie in Folge der tageszeitlichen Nachfrageschwankungen gesteuert werden müssen. Außerdem erfährt der Lerner durch optische Signale und Rückmeldungen, dass sich nicht alle Energiesysteme (z.B. das Kernkraftwerk) beliebig nach oben oder unten regeln lassen (s. Abb. 10.4).

Abb. 10.4: Steuerung des Energiebedarfs in Abhängigkeit von Bedarf und Energiesystemen

Einige der simulativen Elemente sind auf die Inhaltsbereiche Informationstechnik und Datenverarbeitung fokussiert. Schaltungen spielen dabei eine wichtige Rolle und können von den Lernenden beispielsweise anhand manipulierbarer Elemente untersucht werden. Ein Beispiel dafür ist das nachfolgend dargestellte NAND-Gatter (Abb. 10.5).

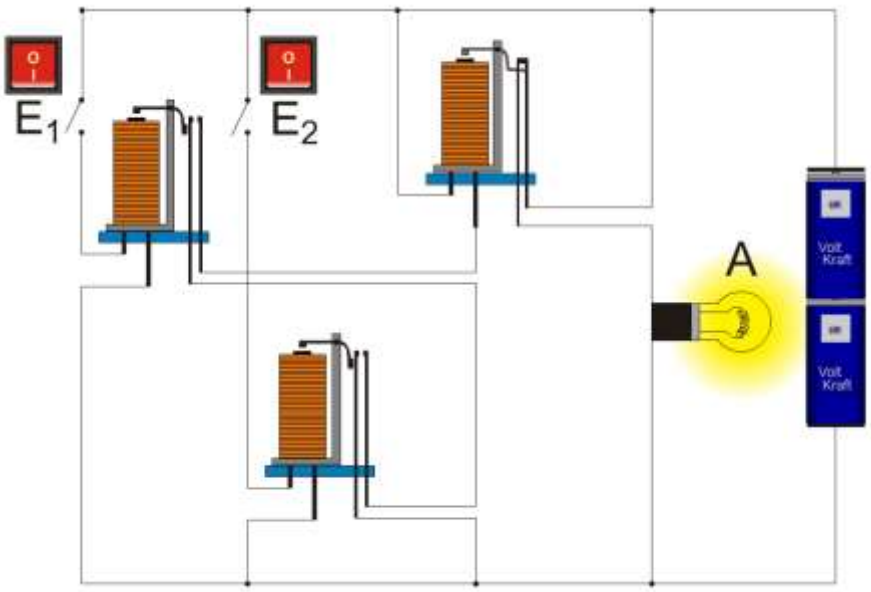

Abb. 10.5: NAND-Gatter als Beispiel für Schaltungstechnik

Eine einfache Zuordnungsaufgabe stellt das folgende Element zu den Grundlagen der Kommunikationstechnik dar (Abb. 10.6). Wenn die Symbole der Modulationsarten auf das richtige Feld gezogen wurden, wird das Kamerabild im Fernsehen übertragen.

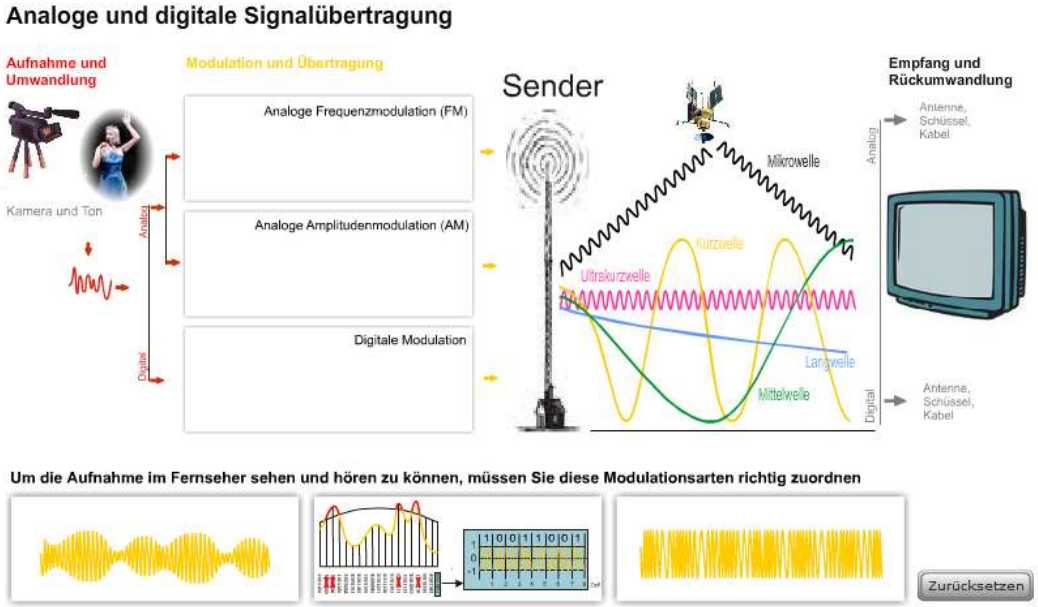

Abb. 10.6: Übertragung von Informationen durch Signalmodulation

Um eine Auswahlsituation geht es auch im nachfolgende Medienelement (s. Abb. 10.7). Hier müssen Geräte und Einrichtungsgegenstände der Küche untersucht und die bei ihrer Herstellung eingesetzten Fertigungsverfahren bestimmt werden.

Abb. 10.7: Fertigungsverfahren

Bei der nächsten Anwendung können verschiedene Elektrogeräte in Betrieb genommen und anschließend der jeweilige Stromverbrauch festgestellt werden (s. Abb. 10.8). Die Stromabnehmer sind im Betrieb und im stand-by-Modus zu vergleichen und Kosten zu ermitteln.

Abb. 10.8: Feststellung des Energiebedarfs laufender Geräte

Bei der anschließend dargestellten App handelt es sich um eine vereinfachte CNC-Simulation (s. Abb. 10.9). Ausgehend von der Interpretation einer technischen Zeichnung muss menügesteuert ein Programmcode erstellt werden. Der Bearbeitungszustand des Werkstücks wird dabei angezeigt.

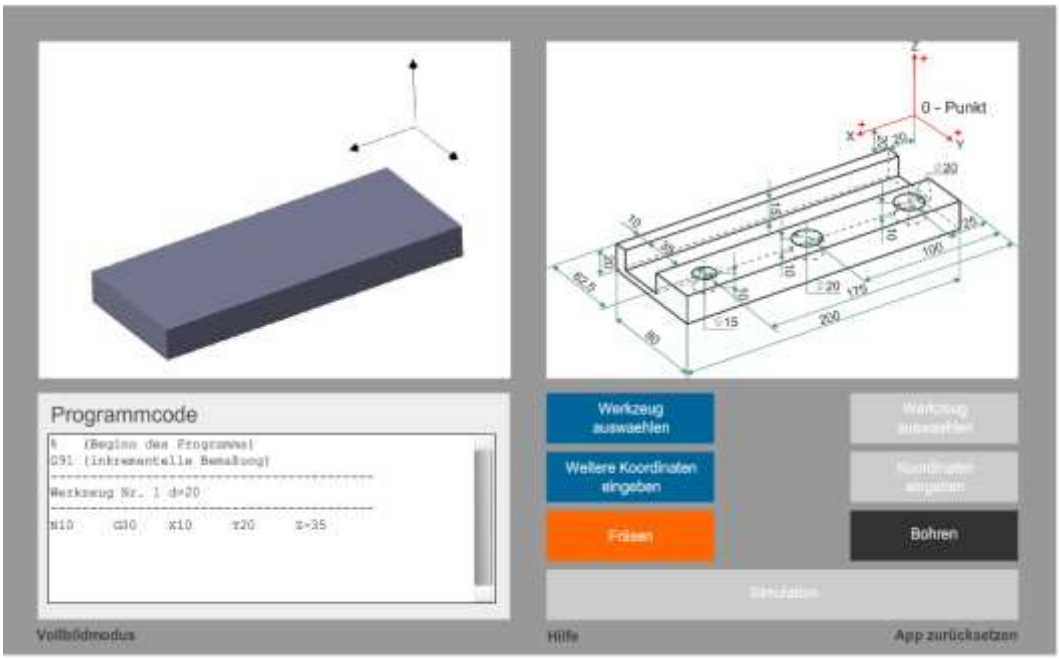

Abb. 10.9: Erstellung eines Codes mittels CNC-Simulation

Nachfolgend geht es um das grafische Programmieren einer Sortieranlage (10.10). Vorhandene Programmsymbole müssen in die richtige Reihenfolge gebracht und Parameter gesetzt werden, bevor die Anlage läuft. Drei Aufgaben mit jeweils wachsendem Schwierigkeitsgrad sind zu lösen.

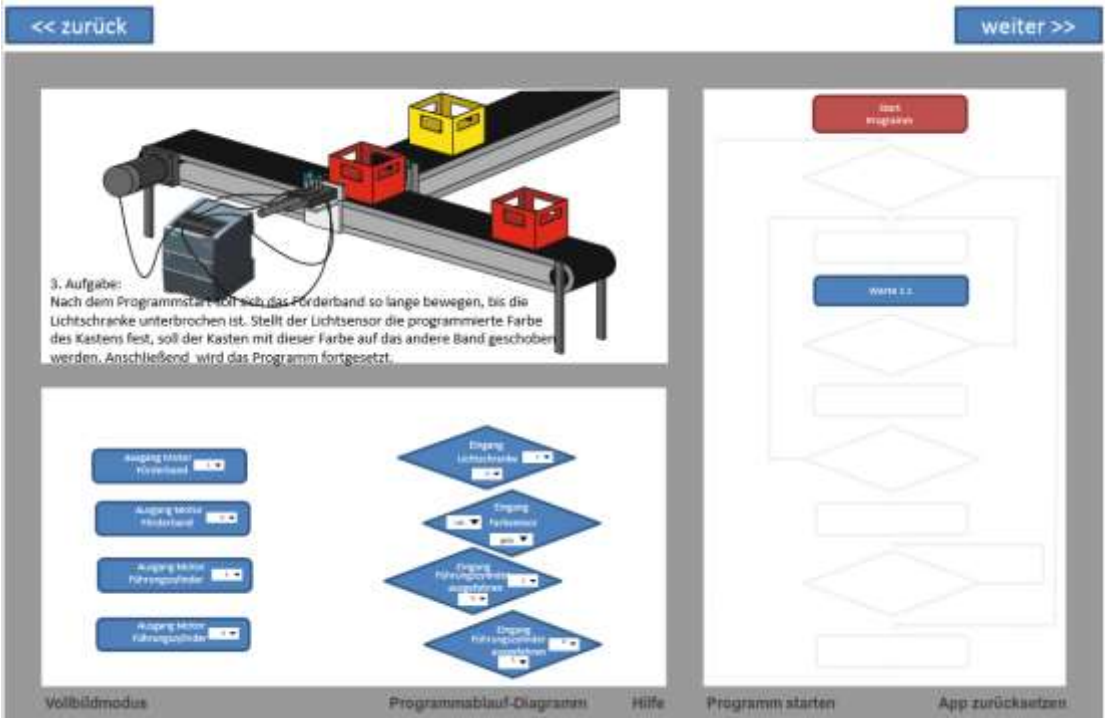

Abb. 10.10: Programmierung einer Sortieranalage mit einer grafischen Programmieroberfläche

Neben den direkt für den Kurs „Grundlagen der Technik“ erstellten Anwendungen, wurde bei einer Lerneinheit die im Internet frei zugängliche Programmieroberfläche Scratch (s. Abb. 10.11) eingesetzt. Damit sollte ein einfaches Programm für eine Abstandskontrolle von Fahrzeugen erstellt werden.

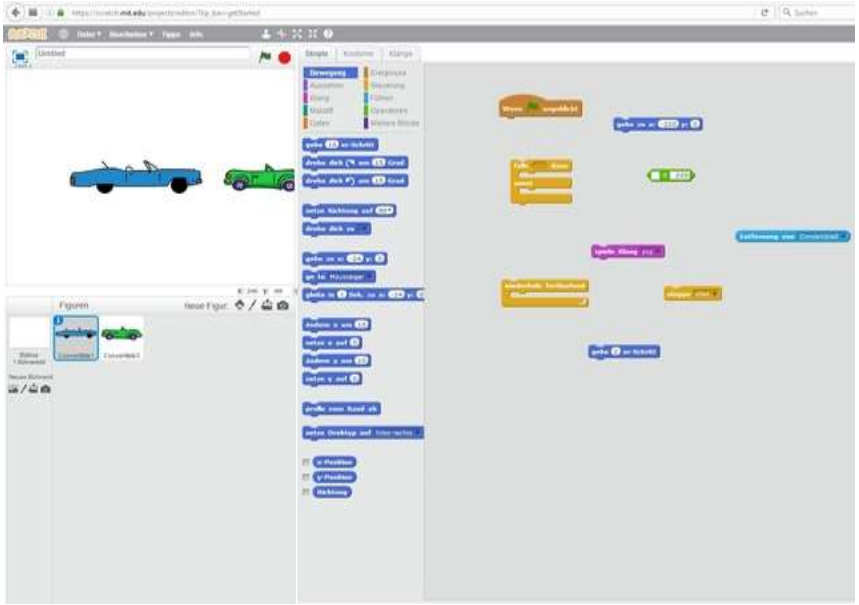

Abb. 10.11: Programmieren einer Abstandskontrolle mit Scratch (https://scratch.mit.edu/)

Bei der unten dargestellten App geht es um die Bewertung eines selbstgewählten oder vorgeschlagenen technischen Systems anhand des Werte Oktogons des VDI. Der Nutzer hat die Möglichkeit, die Werte zu wichten und dann entweder der Pro- oder Contra-Seite zuzuordnen. Durch eine Größenänderung der gewichteten Faktoren sowie durch den Ausschlag der Waage bekommt er in anschaulicher Weise eine Rückmeldung über sein Votum (s. Abb. 10.12).

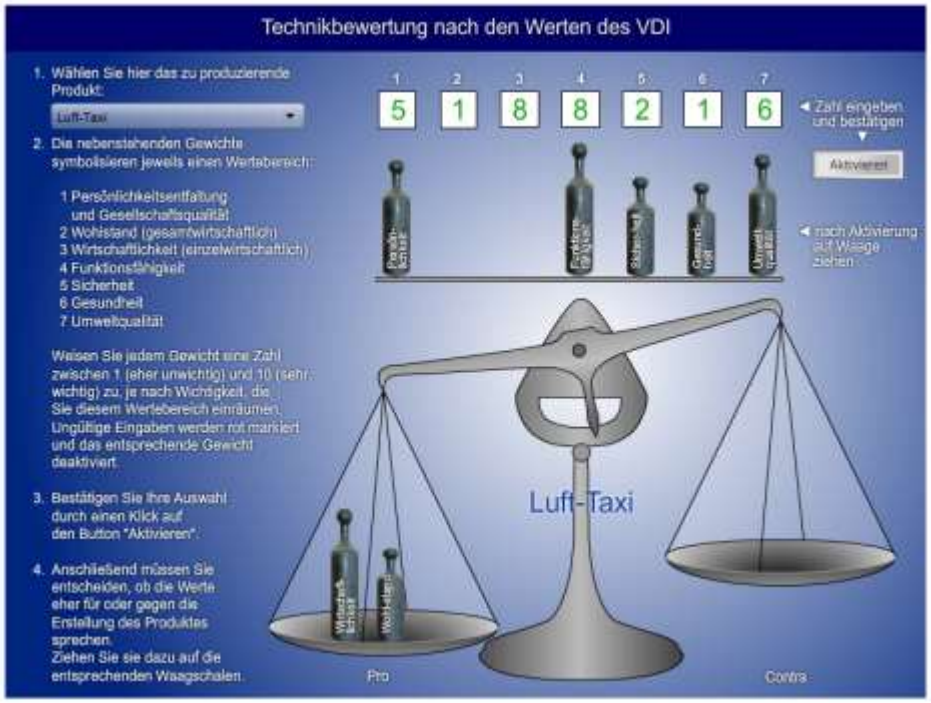

Abb. 10.12: Technikbewertung: Werte, Wichtung und Zuordnung zu Pro und Contra