

Die Struktur des Digitalen

Lernen über KI an Lernstationen

Michael Köck

Die Erwartungen zum Einsatz Künstlicher Intelligenz im Bildungsbereich sind häufig allein auf die Möglichkeiten gerichtet, Lehr- und Lernprozesse zu effektivieren. Aufgrund des transformativen Potenzials der Technologie für viele Lebensbereiche und vor allem für Arbeit und Beruf ist allerdings auch ein Lernen über KI dringend geboten. Ziel entsprechender Bildungsmaßnahmen muss es sein, den Aufbau von Kenntnissen zur Nutzung und Gestaltung von Anwendungen der Künstlichen Intelligenz zu unterstützen sowie das Beurteilungsvermögen der jeweiligen Zielgruppen in Bezug auf die sozial-humanen Aspekte dieser Technologie zu stärken.

Einen kleinen Beitrag zur Umsetzung dieser Ziele sollen verschiedene Lernstationen leisten, die an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt entwickelt wurden. Vorrangig für die Nutzung in universitären Lehrveranstaltungen im Rahmen der Lehramtsausbildung konzipiert, kommen sie auch bei schulischen und außerschulischen MINT-Maßnahmen zum Einsatz.

Mit den Lernstationen wird nicht der Anspruch erhoben, Künstliche Intelligenz in all ihren Facetten zu erschließen, sondern sich diesem Feld über ihre basalen technologischen Grundlagen anzunähern. Der nachfolgende Beitrag skizziert die didaktischen Vorüberlegungen für die inhaltliche und methodische Konzeption der Lernstationen.

Den Ausgangspunkt hierfür bilden allgemeine Betrachtungen zum Verhältnis von Mensch und Technik, die die Bedeutung des Lernens über digitale Systeme und KI unterstreichen. Der Wandel vom instrumentellen Charakter der Technik hin zu teils autonom agierenden Systemen stellt Individuen und Gesellschaft vor vielfältige Herausforderungen. Wie Erhebungen zu Technikeinstellungen und digitalen Kompetenzen vermuten lassen, scheinen sich viele der Konsequenzen dieser Entwicklungen nicht bewusst zu sein.

Dabei gibt es keinen Mangel an Mahnrufen oder Zielvorstellungen für entsprechende Bildungsmaßnahmen. Jüngstes Beispiel sind die Handlungsempfehlungen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den Umgang mit Künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen. Gefordert wird hier eine Auseinandersetzung mit Wirkungsweisen, Chancen und Risiken der Künstlichen Intelligenz.

Die Umsetzung solcher Bildungsintentionen stellt ein pädagogisch-didaktisches Problem dar, bei dem konkrete Inhalte ausgewählt und Lernprozesse gestaltet werden müssen. Orientierung bieten hier bewährte didaktische Prozessmodelle.

Sie kamen auch bei der Gestaltung der Lernstationen zum Einsatz. So erfolgte die generelle Auswahl der Lerninhalte anhand von Kriterien wie Exemplarität, Gegenwartsbedeutung und Zukunftsbezug. Die Zuordnung der Inhalte zu den einzelnen Stationen orientiert sich fachlich

an einem Schichtenmodell und methodisch an konkreten arbeitsweltlichen Aufgabenstellungen. Bei der methodischen Konzeption wird auf Prinzipien sowohl des instruktiven als auch handlungsorientierten Lernens gesetzt.

An jeder einzelnen Station lässt sich über eine konkrete Aufgabenstellung ein elementarer Aspekt digitaler Technologien erarbeiten. Im Verbund soll die Bearbeitung, verschiedener, in der Komplexität ansteigender Aufgaben an unterschiedlichen Lernstationen das Verständnis für strukturelle Zusammenhänge fördern.

Erste Evaluationen mit Schülerinnen und Schülern einer 8. Jahrgangsstufe zeigen, dass die Effekte der Arbeit an den Stationen im Rahmen zeitlich begrenzter und isolierter Veranstaltungen nicht unbedingt in konkret nachweisbaren Wissens- oder Fähigkeitszuwächsen, sondern eher in der positiven Wirkung auf einzelne Facetten technikbezogener Selbsteinschätzungen liegen.

Konkrete Leistungszuwächse, etwa im Bereich der informatischen Modellierung realweltlicher Probleme bedürfen daher wohl systematischerer Ansätze in Schule und Unterricht. Nachgewiesen werden konnte im Zuge der Evaluationen, dass die aktuell vorhandenen Stationen, Themen und Aufgabenformate von den Schülerinnen und Schülern interessiert angenommen wurden und vom Schwierigkeitsgrad her angemessen waren. Dies bietet verschiedene Anhaltspunkte sowohl für die Konzeption und Ausgestaltung vergleichbarer MINT-Maßnahmen, als auch für die Weiterentwicklung der Lernstationen.

1 Ausgangslage – Mensch und Technik in Zeiten Künstlicher Intelligenz

Der Digitalisierung und neuerdings der Künstlichen Intelligenz werden Transformationspotenziale zugesprochen wie sonst nur der ersten industriellen Revolution. Damit derartige Aussagen nicht als bloße Floskeln abgetan werden können, bedarf es verschiedener „Reflexionsbewegungen“ über die wechselseitige Beziehung zwischen Mensch und Technik. Entsprechende Deutungsversuche steuern unter anderem Philosophie und Soziologie bei.¹

Mensch und Technik: In ihrem 1960 erschienenen Buch *Vita activa* beispielsweise charakterisiert Hannah Arendt die geschichtliche Entwicklung der Technik aus der Perspektive der Arbeitswelt.² Im vorindustriellen Zeitalter sieht sie die Rollen zwischen Mensch und Technik klar verteilt. Selbst das raffinierteste Handwerkszeug ist hier immer nur Diener seines Herrn, weil selbst unfähig, die Hand zu leiten oder zu ersetzen. Mit der industriellen Revolution und später der „Automation“ hat sich das zunächst rein instrumentelle Verhältnis für die Autorin bereits grundlegend verschoben. Mensch und Welt sind nunmehr dem Rhythmus von Maschinen unterworfen. Wie umfassend sich der Mensch aktuell dem Rhythmus und den Strukturen digitaler Technologien angepasst hat, würde wahrscheinlich auch Hannah Arendt erstaunen. Mehr oder weniger bewusst bewegt sich jeder Einzelne in einer intelligenten,

¹ Nordmann, Alfred: Technikphilosophie, 13.

² Arendt, Hannah: *Vita activa oder vom tätigen Leben*, 134.

digitalisierten und teils autonom agierenden Umgebung. Verbunden damit ist eine Veränderung von Werten, der Wandel von Autoritäten und Institutionen sowie eine Verschiebung gesellschaftlicher und politischer Strukturen.³

Den Anspruch, den Künstliche Intelligenz (KI) dabei erhebt, macht die Definition des BMBF deutlich. Sie beschreibt KI als Teilgebiet der Informatik, bei dem es darum geht, technische Systeme so zu konzipieren, dass sie Probleme eigenständig bearbeiten und sich dabei selbst auf veränderte Bedingungen einstellen können. Solche Systeme haben also die Fähigkeit zu lernen und mit Wahrscheinlichkeiten umzugehen. Damit unterscheiden sie sich von Anwendungen, die klassisch programmiert wurden und damit ihr Leistungsspektrum fest vorgegeben haben.

Bisher hat der technologische Wandel durch digitale Technologien und Künstliche Intelligenz keine größeren Konflikte oder Ängste ausgelöst. Die Deutschen schätzen – so die neuesten Ergebnisse des von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften veröffentlichten Technikradars – die langfristigen Folgen des technischen Fortschritts im europäischen Vergleich sogar überdurchschnittlich optimistisch ein. Gleichwohl hat der Anteil der Skeptiker in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen.

Da ist es umso bemerkenswerter, dass der Wunsch nach bürgerschaftlicher Mitbestimmung in der Technikentwicklung in Teilen der Bevölkerung abgenommen hat. Denn dass sich mit der Künstlichen Intelligenz gerade zentrale Orientierungsgrößen verschieben – zwischen Mensch und Maschine, zwischen Recht und Technik, zwischen Original und Kopie fordert eigentlich zu einer Reflexion der Anwendungsbedingungen und Folgen auf breiter Front heraus.⁴

Verständnis zu Digitalität und KI ausbaubar: Zu Kenntnissen über und Fähigkeiten mit digitalen Technologien existieren einige Untersuchungen. Sie lassen erahnen, dass die durch sie angestoßenen Transformationsprozesse möglicherweise auf ein nur unzureichend ausgeformtes „Navigationssystem“ in der Bevölkerung treffen. Das gilt auch und gerade für Jugendliche – also die Gruppe, der eigentlich eine besondere Nähe zu digitalen Technologien zugebilligt wird.

Die Daten der vor kurzem veröffentlichten ICILS Studie liefern beispielsweise Informationen über die computer- und informationsbezogenen Kompetenzen von Achtklässlerinnen und Achtklässlern in Deutschland.⁵ Erhoben wurden in der Studie u. a. konkrete informatische Kompetenzen. Sie werden auch mit dem Begriff *Computational Thinking* (CT) bezeichnet und gelten als individuelle Fähigkeiten einer Person, realweltliche Probleme informatisch zu modellieren und Lösungsansätze in Zusammenhang mit einem Computer zu entwickeln. Die Studie verdeutlicht, dass nur wenige Jugendliche in diesem Bereich die Leistungsspitze erreichen. Zudem spielen soziale und herkunftsspezifische Faktoren eine entscheidende Rolle.

³ Vgl. Precht, Richard David: Freiheit für alle. Das Ende der Arbeit wie wir sie kannten, 15; vgl. Renn, Jürgen: Die Evolution des Wissens, 279.

⁴ Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, acatech: TechnikRadar 2024, 75.

⁵ Eickelmann, Birgit / Fröhlich, Nicole / Bos, Wilfried / Gerick, Julia / Goldhammer, Frank / Schaumburg, Heike / Schwippert, Knut / Senkbeil, Martin / Vahrenhold, Jan (Hg.): *ICILS 2023 #Deutschland*.

Auch über das Ausmaß der Möglichkeiten digitaler Anwendungen und Künstlicher Intelligenz scheinen sich viele Jugendliche nicht im Klaren zu sein. Darauf deuten eigene Erhebungen mit den Schülerinnen und Schülern der achten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums in zwei aufeinander folgenden Jahren hin.⁶

2 Bezugsrahmen zum Lernen über KI – grundsätzliche Ziele und Inhalte

Seit digitale Technologien den Verlauf der technologischen Entwicklung prägen, stellt sich die Frage, welche Kenntnisse und Fähigkeiten in allgemeinbildenden Schulen und beruflichen Ausbildungsstätten vermittelt werden sollten. Zusammengefasst werden solche Ziele dann mit Begrifflichkeiten wie „*Information Literacy*“, „informatische Grundbildung“, „Medienkompetenz“, „digitale Kompetenzen“, „*Data Literacy*“ oder „*Computational Thinking*“.

Neuen Schub bekommt der Kompetenzdiskurs nun durch die Künstliche Intelligenz. Sie stellt die Gesellschaft vor die Herausforderung, sich nicht blind den Verlockungen der Digitalisierung zu ergeben. Es gilt vielmehr sinnvolle Einsatzfelder abzustecken und die Chancen und Gefahren klarer zu sehen.⁷

Dies bedingt eine Auseinandersetzung mit grundlegenden Fragen: Für welche Aufgaben sind „intelligente“ Systeme besser geeignet als Menschen? In welchen Situationen sollte das menschliche Urteilsvermögen Vorrang vor maschineller Intelligenz haben? Wie beeinflusst maschinelles Lernen die menschliche Entscheidungsfindung und wo können Maschinen den Menschen in seiner Entscheidungsfindung sinnvoll unterstützen? Wo und warum schleichen sich Fehler und Vorurteile in maschinelle Entscheidungen ein? Wie sehen optimale Schnittstellen zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz aus?⁸

Handlungsempfehlungen der Kultusministerkonferenz (KMK): Die Bedeutung, sich in Schule und Unterricht intensiv mit der Digitalisierung auseinanderzusetzen hat u. a. die Kultusministerkonferenz (KMK) in verschiedenen Papieren herausgestellt. In ihrer erst kürzlich veröffentlichten Handlungsempfehlung zur KI wird betont, dass die Schule die positiven Möglichkeiten der KI mit Blick auf die Förderung von Kindern und Jugendlichen im Lernprozess berücksichtigen und gleichzeitig deutlich machen soll, wie generative KI die Welt verändert.⁹

Gefordert wird in dem Papier der Aufbau eines Verständnisses über die technischen Funktionsweisen sowie über Chancen, Grenzen und Risiken der neuen digitalen Möglichkeiten.

⁶ Köck, Michael: Der Einsatz von Lernstationen zur Förderung des Computational Thinking bei Schülerinnen und Schülern.

⁷ Grunwald, Armin: Der unterlegene Mensch, 242; Precht, Richard David: Künstliche Intelligenz und der Sinn des Lebens, 223f.

⁸ Renn, Jürgen: Die Evolution des Wissens, 782.

⁹ Kultusministerkonferenz (KMK): Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit Künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen.

Um den Herausforderungen durch KI verantwortungsvoll zu begegnen, wird die Notwendigkeit des Aufbaus von kritisch-reflexiven Kompetenzen bekräftigt.

Dagstuhl-Dreieck: Den grundsätzlichen Anspruch an eine Bildung in einer digitalen vernetzten Welt verdeutlicht das sogenannte Dagstuhl-Dreieck der Gesellschaft für Informatik aus dem Jahr 2016.¹⁰ Es zeigt, dass es drei gleichberechtigte und sich gegenseitig beeinflussende Kompetenzfelder aufzubauen gilt (s. Abb. 1). Neben Anwendungs- oder Bedienwissen sollen diese Kompetenzen zu Reflexionsprozessen über die persönlichen Nutzungsmöglichkeiten und -gewohnheiten sowie über die gesellschaftlich-kulturellen Auswirkungen digitaler Technologien befähigen.

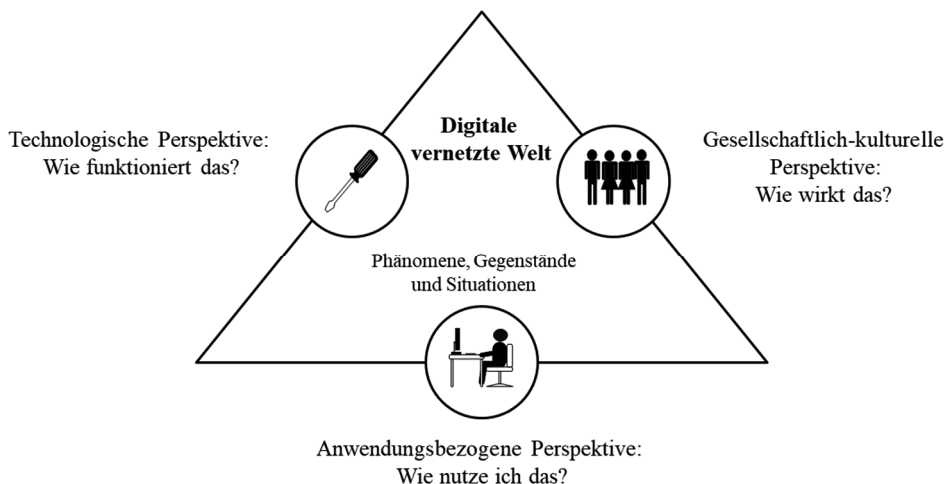


Abbildung 1: „Dagstuhl-Dreieck“ – Gesellschaft für Informatik 2016

Problem der „Bildungsvermittlung“: Die Bildungsbedeutsamkeit eines Wissensbereichs festzustellen ist eine Sache, die Konkretisierung entsprechender Bildungsprozesse eine andere. Die Frage, wie Individuum und Welt, Subjekt und Objekt, Selbst und Anderes aufeinander zubewegt werden können, ist eine zentrale pädagogische Herausforderung.¹¹ Ihre Lösung erfordert sowohl die Auswahl relevanter Inhalte als auch die Entwicklung von Wegen, die den Lernenden vom bloßen Wissen hin zum Verständnis führen. Gerade im Bereich der Künstlichen Intelligenz ist es jedoch nicht einfach, mögliche Lerninhalte zu bestimmen. Dies zeigt auch Künstliche Intelligenz selbst. Laut ChatGPT sollten im Kontext der KI folgende Themen behandelt werden:

- Grundverständnis der Künstlichen Intelligenz
- Anwendungsfelder von KI

¹⁰ Gesellschaft für Informatik e. V.: Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt.

¹¹ Derbolav, Josef: Das Selbstverständnis der Erziehungswissenschaft, 128.

- Ethik und KI
- Auswirkungen von KI auf die Arbeitswelt
- KI in der Bildung
- Technikphilosophie und Kritische Theorien zu KI
- Gesellschaftliche Teilhabe und KI
- Zukunftsvisionen und Szenarien

3 Didaktische Fundierung und methodische Konzeption der Lernstationen

Die Vielfalt der als bildungsrelevant eingestuften Inhalte in einen konsistenten didaktisch-methodischen Erklärungszusammenhang zu bringen, ist generell eine anspruchsvolle Aufgabe. Überlegungen, wie sie sich bewältigen lassen, nehmen bis heute ihren Ausgang bei bildungstheoretischen Vorstellungen von Saul B. Robinsohn oder Wolfgang Klafki.

Analyse der Bildungsbedeutsamkeit: Nach Robinsohn sollen Bildung und Erziehung zu einem richtigen und wirksamen Verhalten in der Welt befähigen.¹² Für die Auswahl von Bildungsinhalten skizzierte Robinsohn 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.¹³

Noch näher an die Bildungsrelevanz möglicher Lerninhalte heranzureichen, versprechen die Erschließungsfragen zur didaktischen Analyse von Wolfgang Klafki:¹⁴

- Exemplarität: Welche größeren bzw. allgemeinen Sinn- und Sachzusammenhänge soll ein Inhalt erschließen? Welches Urphänomen oder Grundprinzip, welches Gesetz, Kriterium, Problem, welche Methode, Technik oder Haltung lässt sich in der Auseinandersetzung mit dem Inhalt erfassen?
- Gegenwartsbedeutung: Welche Bedeutung hat der Inhalt beziehungsweise die an diesem Thema zu gewinnende Erfahrung, Erkenntnis, Fähigkeit oder Fertigkeit bereits im geistigen Leben der Lernenden, welche Bedeutung sollte er – vom pädagogischen Gesichtspunkt aus gesehen – darin haben?
- Zukunftsbedeutung: Worin liegt die Bedeutung des Themas für die Zukunft der Lernenden?
- Struktur der Inhalte: Wie lassen sich die Inhalte im Hinblick auf Bedeutungsschichten

¹² Robinsohn, Saul Benjamin: Neue Lern- und Lehrinhalte, 66.

¹³ Robinsohn, Saul Benjamin: Bildungsreform als Revision des Curriculums, 47.

¹⁴ Klafki, Wolfgang: Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung, in: *Die Deutsche Schule*, H. 10, 1958, 450–471.

Klafki, Wolfgang: Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung, in: Roth, Hans / Blumenthal, Alfred (Hg.): *Auswahl Reihe A, Heft 1 – Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift „Die Deutsche Schule“: Didaktische Analyse*, Hannover 1962, 5–34.

oder verständnisbildende Zusammenhänge strukturieren, gliedern oder unterteilen?

- Zugänglichkeit: welches sind die besonderen Fälle, Phänomene, Situationen, Versuche, Personen, Ereignisse, Formelemente, in oder an denen die Struktur des jeweiligen Inhaltes den Lernenden dieser Bildungsstufe interessant, fragwürdig zugänglich, begreiflich, anschaulich, werden kann?

Nach wie vor sind diese Fragen bewährte Reflexionshilfen sowohl für die Auswahl von Inhalten als auch für die Strukturierung von Lehr- und Lernprozessen. Sie wurden daher auch für die inhaltliche und methodische Konzeption der Lernstationen eingesetzt.

3.1 Elementare Sinn- und Sachzusammenhänge digitaler Technologien

Abgesehen von Fächern wie Informatik, in denen die Grundlagen digitaler Technologien und Künstlicher Intelligenz systematischer aufgerollt werden können, stellt sich für Lehrkräfte in allen anderen Fächern genauso wie für die Planer und Gestalter einzelner MINT-Maßnahmen in Anlehnung an Klafki eine entscheidende Frage, die auch bei der Konzeption der Lernstationen beantwortet werden musste: Welche elementaren technologischen, ethischen oder auch rechtlichen Sinn- und Sachzusammenhänge sollen und können mit den Lernenden zusammen verständnisbildend erarbeitet werden.

Hilfreiche Anregungen zu dieser Frage kommen vor allem aus der Techniksoziologie, der Technikphilosophie, der Technikdidaktik und natürlich aus der Informatik.

3.1.1 Handlungsspielräume in der digitalen Welt – Vergesellschaftung der Technik oder Technisierung der Gesellschaft

Zur Mündigkeit im Umgang mit Technik gehört immer auch ein Bewusstsein über Technikentstehung und Gestaltung, über Werte und Interessen sowie über Ziele und nicht gewollte Nebenfolgen.¹⁵ Die Anregung entsprechender Reflexionsprozesse stellt eine zentrale Aufgabe einschlägiger Bildungsmaßnahmen dar und ist in Zusammenhang mit digitalen Technologien und Künstlicher Intelligenz von besonderer Bedeutung. Das theoretische Fundament für die Auseinandersetzung mit diesen Themen liefert unter anderem die Techniksoziologie.

Theorien zur Technikentwicklung bieten beispielsweise Zugänge für eine Analyse der Gründe und Konsequenzen des Siegeszugs digitaler Technologien. Die in diesen Theorien formulierten Entscheidungs- und Handlungsspielräume stellen zudem einen Ausgangspunkt für die Erörterung ethischer Fragestellungen dar. Denn um sich der Frage anzunähern, welche Handlungen Menschen im digitalen Zeitalter ausführen dürfen oder sollen, ist es notwendig, das Ausmaß an Entscheidungsfreiheit zu reflektieren, das überhaupt verfügbar ist.

Technikdeterministisch betrachtet ist die Digitalisierung die Folge technischer Sachzwänge, die die gesellschaftlichen genauso wie die individuellen Spielräume beschränken und allenfalls

¹⁵ Grunwald, Armin: Der unterlegene Mensch, 244.

Anpassungsleistungen zulassen.¹⁶ Konstruktivistische Ansätze sehen dagegen eine durchaus aktivere Rolle gesellschaftlicher Kräfte. Denn Entwickler, Konstrukteure oder Entrepreneur*innen sind selbst nicht losgelöst von gesellschaftlichen Verhältnissen und Regelsystemen. Technik ist dann das Ergebnis eines sozialen Aushandlungs- und Aneignungsprozesses.

Beide Ansätze – Vergesellschaftung der Technik und Technisierung der Gesellschaft – können nach Meinung von Günter Ropohl nicht bedenkenlos als Universalansprüche gedeutet werden.¹⁷ Für die Reflexion digitaler Technologien zusammen mit Jugendlichen ergeben sie in jedem Fall zwei Ausgangspunkte für Diskussionen, die auch an den Lernstationen geführt werden sollen.

3.1.2 Struktur und Signatur des Digitalen – Externalisierung, Formalisierung und Materialisierung menschlicher Fähigkeiten

Um in Bildungsmaßnahmen zum Wesen des Digitalen und den elementaren Prinzipien vorzudringen, lohnt eine technikphilosophische Analyse. Von dort aus lässt sich die Struktur des Digitalen ausgehend von geistesgeschichtlichen und technologischen Bedingungen und Entwicklungen beschreiben. Konstitutiv für diese Struktur sind die Prozesse der Externalisierung, Materialisierung, Formalisierung und damit der Abstraktion menschlicher Fähigkeiten auf maschinenrationale Formate:¹⁸

- Menschliche Verstandesfunktionen werden in der digitalen Welt in Form von Symbolen bzw. logischen und mathematischen Operationen externalisiert und mittels elektronischer Schaltkreise materialisiert.
- Die Fähigkeit des Menschen, Reize aus seiner Umgebung über Sinnesorgane aufzunehmen, lässt sich über die Messung physikalischer Größen realisieren und durch Sensorik materialisieren.
- Die eigentlichen Wahrnehmungsfähigkeiten des Menschen sind in Algorithmen bzw. neuronalen Netzen externalisiert und durch leistungsfähige Chips und Prozessoren materialisiert.
- Menschliche Handlungsmöglichkeiten schließlich werden mittels Robotik externalisiert und materialisiert.
- Als grundlegendes Prinzip der Struktur des Digitalen kann die Transformation von Qualitativem in Formal-Quantitatives gelten, das dann die lebensweltliche Seite der Digitalisierung, die Signatur des Digitalen, prägt.¹⁹

Um sich das Ausmaß der technologischen Aneignung menschlicher Fähigkeiten durch digitale Technologien vor Augen zu führen, hilft der analytische Blick auf verschiedene menschliche Handlungsformen. Sie können in das Sprachhandeln, das Bewegungshandeln und in das

¹⁶ Grunwald, Armin: Technikdeterminismus oder Sozialdeterminismus, 64.

¹⁷ Ropohl, Günter: Technologische Aufklärung, 197.

¹⁸ Ebd., 17.

¹⁹ Gramelsberger, Gabriele: Philosophie des Digitalen zur Einführung, 225.

produktbeabsichtigende poetische Handeln unterteilt werden.²⁰ Für alle diese Handlungsformen bieten digitale Technologien und Künstliche Intelligenz bereits Lösungen an.

Kinder und Jugendliche mit der Struktur des Digitalen vertraut zu machen, stellt neben der Reflexion der gesellschaftlich-kulturellen Auswirkungen eine der wichtigsten Aufgaben entsprechender Bildungsmaßnahmen zu digitalen Technologien dar. Der „Überführung“ menschlicher Verstandes- und Handlungsfähigkeiten in digitale Lösungen wird daher an den Lernstationen ein breiter Raum eingeräumt. Hierzu sollen die Lernenden verschiedene arbeits- oder lebensweltliche Probleme zunächst sprachlich formulieren, dann in eine algorithmische Form bringen und diese Abstraktionen anschließend mit graphischen Programmierwerkzeugen in lauffähige Programme für mechatronische Modelle und Systeme umwandeln.

Ethische und rechtliche Problematisierung: Dass Digitalisierung und Künstliche Intelligenz unbestreitbar zu vielen innovativen, effektiven und hilfreichen Anwendungen führen, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass mit dem Programm zur Externalisierung und Materialisierung menschlichen Denkens und Handelns verschiedene Probleme einhergehen. Sie müssen in allen Bildungsprozessen zu digitalen Technologien ausreichend berücksichtigt werden.

Ein drängendes Problem in Zusammenhang mit KI ist zum Beispiel das Verständnisproblem. Bei den heute schon weit verbreiteten Methoden maschinellen Lernens handelt es sich um spezielle Insel-Begabungen. Mit ihnen können Daten zwar hinsichtlich verschiedener Muster und Zusammenhänge interpretiert werden, zu einem Verständnis im menschlichen Sinne führt das jedoch noch nicht. Griffig formuliert, kann hier eher von einem Sieg der Korrelation über die Kausalität gesprochen werden.²¹ Aufgrund der weitreichenden Entscheidungen, zu denen KI-Anwendungen etwa in der Medizin, im Finanzwesen oder beim autonomen Fahren beitragen, ist ein tatsächliches „Verstehen“ der kausalen Zusammenhänge allerdings mehr als geboten.²²

Menschliches Verstehen ist ein komplexer Vorgang, der u. a. Vorerfahrungen voraussetzt. Es ist nicht das Substrat einer Fülle von Daten, sondern speist sich aus individuell erlebten Situationen, bei denen Gefühle, Werte, Zeitbewusstsein und Ich-Identität eine Rolle spielen.²³ Maschinen „verstehen“ anders. Sie geben etwas aus, was ohne die Aggregation großer Datenmengen tatsächlich nicht zu sehen oder zu lernen wäre.²⁴ Das kann positiv sein, jedoch auch negative Folgen zeitigen. Ein Beispiel sind computergenerierte Entscheidungen mit Auswirkungen auf den sozialen Bereich. Gefühle, Stimmungen oder allgemein das Unbestimmte lässt sich aus Daten nur schwer bestimmen, ist aber für menschliches Handeln oftmals unersetzlich.

Die lernfähigen Algorithmen führen auch in anderen Bereichen zu Problemen, etwa im Rechtsbereich. Hier stellt sich beispielsweise das Problem der ungeklärten Zurechnung von

²⁰ Janich, Peter: Kultur und Methode, 34 ff.

²¹ Vgl. Yogeshwar, Ranga: Nächste Ausfahrt Zukunft, 191

²² Brandstetter, Thomas: Nicht ohne Grund!, 24 ff.

²³ Precht, Richard David: Künstliche Intelligenz und der Sinn des Lebens, 22 ff.

²⁴ Vgl. Bedorf, Thomas: Maschinenhermeneutik, 22.

Verantwortlichkeiten. Denn überall dort, wo KI-Systeme zum Einsatz kommen, stößt die Anknüpfung rechtlicher Folgen an willentliches Verhalten an Grenzen. Beispiele dafür sind etwa selbstlernende Rasenmäher, die erst auf dem Grundstück des Käufers gelernt haben, dass kleine weiche Gegenstände unproblematisch überfahren werden können und den Schoßhund der Nachbarin dabei töten oder ein Algorithmus zur Preisgestaltung im Internet, der eigenmächtig einen Preiskorridor verlässt und dem Händler empfindliche Verluste einbringt. In beiden Fällen zeigt sich eine Haftungs- und Verantwortungslücke. Sie entsteht durch die problematische Zurechnung der Handlungen des KI-Systems jeweils zum Produzenten oder Anwender.²⁵ Juristisch ist dieses Problem noch nicht gelöst – als Anlass für Diskussionen zu KI aber durchaus geeignet.

3.1.3 Methoden und Konzepte der KI – Künstliche Entsprechungen menschlicher Intelligenz

Anwendungsbereiche und Begrifflichkeiten im Kontext künstlicher Intelligenz nehmen von Tag zu Tag zu. Hier den Überblick zu behalten, fällt daher schwer. Um diesem Problem zu begegnen, hat der Computerwissenschaftler Kris Hammond ein „Periodensystem der Künstlichen Intelligenz“ entworfen. Jedes der 28 KI-Element repräsentiert eine Teilfunktion. Aus der Kombination von drei Elementen ergibt sich eine KI-Anwendung.²⁶ Hinter jedem dieser Elemente stehen wiederum unterschiedliche Methoden, Techniken und Algorithmen. Ihre genaue Kenntnis muss Informatikern vorbehalten bleiben. Um jedoch zu verstehen, warum überhaupt von Künstlicher Intelligenz gesprochen wird, lohnt es sich, in entsprechenden Bildungsprozessen Vergleiche zu menschlichen Denkvorgängen herzustellen.

Informatische Entsprechungen menschlicher Denkvorgänge: Menschliche Intelligenz wird gemeinhin als Summe unterschiedlicher Denk- und Wahrnehmungsprozesse gesehen. Diese Prozesse können sich vom Anforderungsniveau her deutlich unterscheiden. Dies gilt auch für die Künstliche Intelligenz. Während in manchen Softwareanwendungen die Intelligenz mit klaren wenn-dann-Regeln bereits „hineincodiert“ wurde, sind andere Systeme zu induktiven Schlüssen oder sogar zum Modelllernen fähig. Das bedeutet, dass es nicht „die“ oder „eine“ KI gibt, sondern unterschiedliche Konzepte und Methoden, um mit bestehenden Daten und Informationen umzugehen oder neue zu kreieren. Didaktisch vereinfacht lassen sich diese Methoden oder Techniken als Entsprechungen menschlicher Verstandesfähigkeiten charakterisieren (s. Abb. 2).

Die Reproduktion von Wissen entlang bestimmter Regeln beispielsweise ist ein menschliches Verhalten, das sich mit dem regelbasierten Abruf von Informationen aus Datenbanken vergleichen lässt. Auch das menschliche Schlussfolgern kann algorithmisch nachgebildet werden, und zwar über sogenannte semantische Netze. Dabei wird ein Modell mit Begriffen und Beziehungen strukturiert. Das erlaubt die Ableitung von Beziehungen, Zusammenhängen

²⁵ Riehm, Tobias: Roboter als Personen im Rechtssinne?, 30 ff.

²⁶ Bitkom e.V.: Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen, 15.

und Bedeutungen. Mit unterschiedlichen statistischen Verfahren wiederum können Muster in Daten ausfindig und auf diese Weise Zusammenhänge identifiziert werden. Und mit speziellen algorithmischen Strukturen wie Entscheidungsbäumen oder neuronalen Netzen können Maschinen sogar „Lernen“.

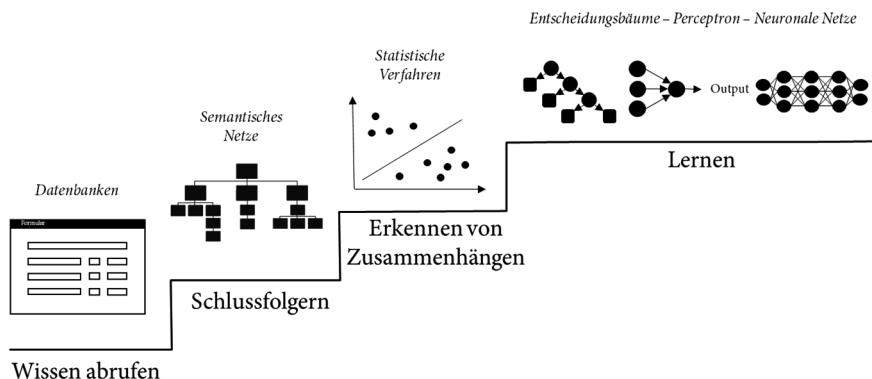


Abbildung 2: Techniken, Methoden und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz – Michael Köck

Umkehrung des Programmierparadigmas: Während bei klassischen Programmen Regeln in Programmcode übersetzt werden, mit denen sich anschließend Daten auswerten lassen, erfolgt bei statistischen Ansätzen der KI eine Umkehrung. Hier werden entweder Daten vorgegeben und mit statistischen Werkzeugen Muster gesucht oder aber Daten und Antworten vorgegeben. In diesem Fall werden Modelle erstellt, auf deren Grundlage dann Vorhersagen für andere Daten getroffen werden.

Im Rahmen einzelner MINT-Maßnahmen können die verschiedenen Methoden oder Techniken der KI allenfalls erwähnt, aber nur schwer eingehender behandelt werden. Dass es im Verlauf der „Intelligenzstufen“ allerdings zu einer Umkehrung des klassischen Programmierparadigmas kommt, ist ein Charakteristikum der KI, das bei entsprechenden Veranstaltungen Berücksichtigung finden sollte.

Um diesen Unterschied zwischen den Techniken der KI im Rahmen der Lernstationen deutlich zu machen, sind für einige Aufgaben an den Lernstationen Algorithmen mit klaren Regeln zu erstellen, an anderen dagegen zunächst Modelle mit Daten zu trainieren.

Datenschutz und Diskriminierung: Mit der Menge an erforderlichen Daten (Big Data), die für KI-Anwendungen notwendig ist, sind einige Probleme verbunden. Einige davon lassen sich auch in Zusammenhang mit den Lernstationen thematisieren. Dies betrifft beispielsweise das Problem personenbezogener Daten. Denn überall dort, wo sie erhoben und verarbeitet werden, kann dies zu rechtlich fragwürdigen Konsequenzen führen (vgl. Kunkel & Schoewe

2021, 9ff.).²⁷ Ein Problembereich ist etwa das Profiling, also das Sammeln personenbezogener Daten zum Zweck der Kategorisierung.

Dass Algorithmen auf Topologien, Kategorien und Hierarchien basieren, die über Variablen und Methoden festgelegt werden, führt zu weiteren Schwierigkeiten. Denn mit ihnen sind bestimmte Normen, Werte und Entscheidungen der Entwickler festgeschrieben. Welche Voraussetzungen oder Kriterien bei ihrer Auswahl eine Rolle gespielt haben, bleibt oft intransparent. Dadurch kann es zu Benachteiligungen von Menschen kommen – etwa wenn spezielle Daten über bestimmte Personengruppen nicht berücksichtigt werden oder Trainingsdaten einseitig auf spezielle Personengruppen ausgerichtet sind. In Verbindung mit den personenbezogenen Daten besteht somit die Gefahr von Diskriminierung sozialer Gruppen. Als Beispiel lässt sich ein Bewerbungsverfahren anführen.²⁸

Moralisch-ethische Probleme in Zusammenhang mit der Interpretation von Daten werfen nicht nur trainierte Systeme auf. Denn mittlerweile haben KI-Systeme den Beweis erbracht, dass sie auf der Basis einer bestimmten Anzahl an Regeln und Lernvorgängen selbst Entscheidungsstrategien generieren können. Eine der drängenden Fragen der Zukunft wird daher sein, ob dem Ausmaß an Vertrauen in die Entscheidungen von Maschinen ein ebenso großes Verständnis ihrer Fehlbarkeit gegenübersteht.

3.2 Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung

Digitalisierung meint die Umwandlung bisher analoger Prozesse und Produkte in digitale. In Abgrenzung dazu beschreibt Digitalität dann den jeweiligen Zustand, der durch Digitalisierung entstanden ist. Ein Kennzeichen dieses Zustandes ist nach Felix Stalder die Algorithmizität.²⁹ Damit meint er u. a. die Determinierung menschlicher Handlungen durch Algorithmen.

Algorithmen steuern entweder direkt Systeme, Maschinen und Abläufe oder sie werden für die Analyse und Verarbeitung von Daten eingesetzt. Dabei verändern sie die damit in Verbindung stehenden Handlungszusammenhänge oder schaffen ganz neue. Das gilt natürlich auch für die Welt von Kindern und Jugendlichen. Die digitalen Auswirkungen auf Lebensbereiche wie Freizeit und Konsum, Arbeit und Beruf sowie politische Partizipation sind bereits jetzt umfassend und nichts deutet darauf hin, dass sich das umkehrt. Nachfolgend einige Beispiele, anhand derer sich die Bedeutung von Kenntnissen und Kompetenzen in Zusammenhang mit den digitalen Grundlagen der KI begründen lassen.

Auswirkungen digitaler Technologien auf Konsum: Kinder und Jugendliche sind Nutzende von Informations-, Kommunikations- und Netzwerktechnologien. Als bereits zahlungs-

²⁷ Vgl. Kunkel, Christian / Schoewe, Johannes: Zur Zulässigkeit automatisierter Entscheidungen im Einzelfall, 9ff.

²⁸ Vgl. Lemke, Christoph / Monett, David / Bloomfield, Michael: Lernen und lehren mit und über KI, 55 ff.

²⁹ Stalder, Felix: Kultur der Digitalität.

kräftige Zielgruppe werden sie mit den verschiedensten digitalen Werbeformaten gezielt umworben. Sie kaufen, bezahlen und bewerten über das Internet und sind dabei oftmals unbewusst in der Rolle von Anbietenden, etwa durch die Weitergabe persönlicher Informationen und Daten.³⁰

Dieser bereits vorsortierte „Datenrohstoff“ lässt sich u. a. mit Anwendungen der künstlichen Intelligenz verarbeiten, interpretieren und dann weiter gewinnbringend einsetzen. Notwendig ist daher ein Bewusstsein über die ökonomischen Verwertungsinteressen, die ausschlaggebend sind für die Entwicklung digitaler Technologien und die Sammlung von Verbraucherdaten. Zusätzlich benötigen Jugendliche Kenntnisse, auf welche Weise personenbezogene Daten gewonnen und gespeichert sowie für die Einflussnahme genutzt werden können.

Auswirkungen digitaler Technologien auf Arbeitswelt und Berufe: Ein wichtiges Ziel sowohl der allgemeinbildenden Schulen als auch zahlreicher MINT-Maßnahmen ist die Förderung der Berufswahlkompetenz von Jugendlichen. Diese beruht neben einem entwickelten vorberuflichen Selbstkonzept auf ausreichend Kenntnissen über arbeitsweltliche Strukturen und Berufe. Für die Berufs- und Studienorientierung ist die Digitalisierung daher Auftrag, Schlagworte mit Inhalten zu füllen und handlungsorientierte Zugänge zu beruflichen Anforderungen in einer digitalisierten Arbeitswelt zu ermöglichen.

Digitalisierung bedeutet grundsätzlich eine Umwandlung bisher analoger in digitale Prozesse und Produkte mit Auswirkungen auf Märkte, Branchen und die dort tradierten Arbeitsstrukturen. Potenziell kann die Digitalisierung zur Substitution menschlicher Arbeit durch Maschinen, zu effektiven Formen der Assistenz für den arbeitenden Menschen und zur Entgrenzung und Flexibilisierung der Arbeitsorte und -zeiten führen.

Im beruflichen Bereich führt die Digitalisierung im Einzelfall zur Reduktion, Transformation, Modifikation oder Einrichtung neuer Berufe. Generell ändern sich durch digitale Technologien in nahezu allen Berufen die Arbeitsbedingungen, Aufgabenzuschnitte und Anforderungen. Insbesondere Anwendungen der Künstlichen Intelligenz schicken sich an, in Bereiche vorzudringen, in denen noch bis vor kurzem menschliche Fähigkeiten als unersetzbar galten. Dazu zählen zum Beispiel kognitive und manuelle Flexibilität, der Umgang mit variablen Situationen oder die Abstraktions-, Anpassungs- und Lernfähigkeit.

In der öffentlichen Diskussion werden oft allein die Rationalisierungspotenziale der Künstlichen Intelligenz in den Vordergrund geschoben. Dabei können KI-Systeme prinzipiell auf zwei Wegen in Arbeitsprozesse integriert werden: Entweder substituierend oder komplementär zu menschlicher Arbeit. Entsprechend eingesetzt, liefern sie zudem einen Beitrag zur Humanisierung der Arbeitswelt, verringern eine Dequalifizierung und können zu lernförderlichen Arbeitsbedingungen führen.³¹

³⁰ Schauer, Christian / Frank, Ulrich: Wirtschaftsinformatik an Schulen, 1.

³¹ Becker Matthias / Spöttl, Georg / Windelband Lars: Digitale Transformation, 7.

Dass die großen Datenmengen, auf denen Künstliche Intelligenz aufbaut, oftmals unter prekären Arbeitsbedingungen generiert werden, ist ein weiterer Punkt, den es beim Blick auf den Zusammenhang zwischen KI und Arbeitswelt zu beachten gilt.

In welchem Ausmaß sich der Arbeitsmarkt unter dem Einfluss von KI verändert, kann derzeit kaum sicher prognostiziert werden – zu rasant ist die Entwicklung. Mit Sicherheit sind jedoch massive strukturelle Veränderungen zu erwarten. Ob die positiven Aspekte die Risiken übertreffen, hängt nicht zuletzt von politischen Rahmenbedingungen ab.

Auswirkung digitaler Technologien auf Politik: Für die politischen Rahmenbedingungen stellen digitale Technologien und Künstliche Intelligenz allerdings selbst große Herausforderungen dar. Wie Yuval Noah Harari befürchtet, laufen demokratische Institutionen wie Wahlen, Parteien oder Parlamente Gefahr, weder die Datenmengen noch deren Umlaufgeschwindigkeit angemessen zu bewältigen.³² Für Armin Grundwald stehen Demokratie und Digitalisierung ohnehin in einem grundsätzlichen Gegensatz. Denn während Demokratie auf das mühsame Aushandeln komplexer Fragen und anstrengende Austarieren verschiedener Interessen setzt, bietet die Automatisierung scheinbar schnelle und optimale Lösungen.³³

KI-Anwendungen sollten deswegen auch aus gesellschaftlicher und politischer Sicht aufmerksam begleitet und kontrolliert werden. Denn die ihnen eingeschriebenen und wenig transparenten Werte und Normen verbreiten sich durch die Nutzung in der Gesellschaft und haben das Potenzial, Personengruppen zu diskriminieren, die Informations- und Meinungsfreiheit zu beschränken oder Einstellungen und Identitäten zu formen.

3.3 Bedeutungsschichten und verständnisbildende Zusammenhänge

Wie die vorausgehenden Analysen zeigen, umfasst das Lernen über Künstliche Intelligenz, wirtschaftliche, technologische, informatische, ethische und rechtliche Aspekte. Eine grundsätzliche Frage war daher, wie diesen Punkten an den einzelnen Lernstationen ausreichend Geltung verschafft werden kann und wie sie gleichzeitig inhaltlich so zu strukturieren sind, dass sich verständnisbildende Zusammenhänge in Bezug auf technologische und human-soziale Aspekte ergeben können.

Eine schlüssige Zuordnung von Inhalten zu einzelnen Lernstationen ergab sich dabei durch eine Orientierung an Ebenen- bzw. Schichtmodellen, wie sie innerhalb der Informatik Verwendung finden. Derartige Modelle helfen bei der Klärung der Architektur informations- und kommunikationstechnischer Systeme und Anwendungen. Sie bilden zudem die Grundlage für die domänenspezifische Kompetenz in der Informatik – nämlich Probleme zu analysieren, also zu zerlegen und sie auf das Wesentliche zu reduzieren.

³² Harari, Yuval Noah: Homo deus, 506.

³³ Grundwald, Armin: Der unterlegene Mensch, 170 f.

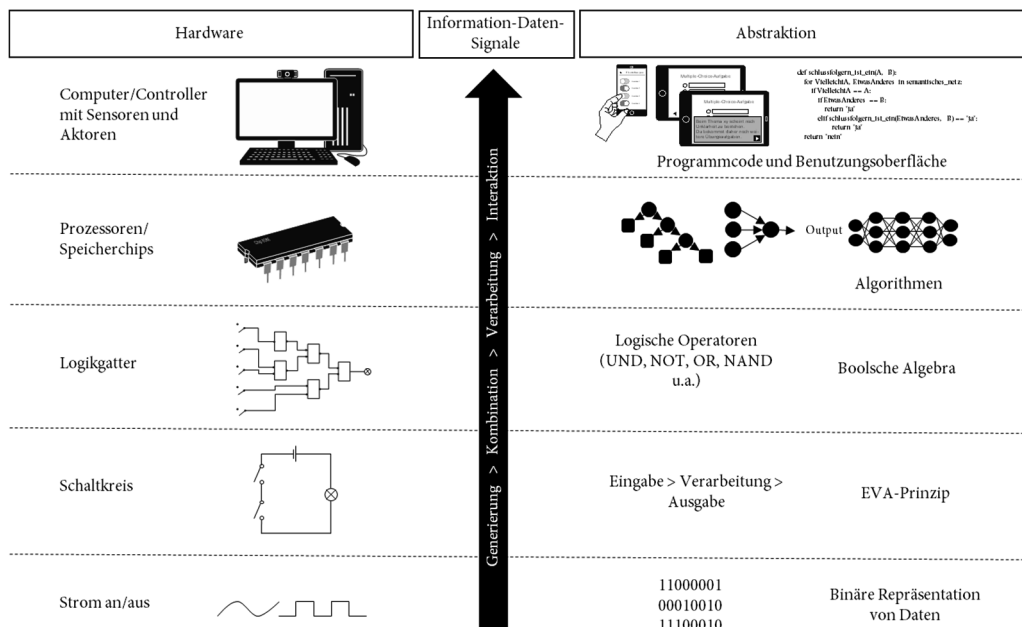


Abbildung 3: Einfaches Schichtensystem informationstechnischer Zusammenhänge – Michael Köck

Ein solches Schichtenmodell lässt sich bilden, indem auf einer Ebene jeweils die Abstraktionen sprachlich formulierbarer menschlicher Denkvorgänge und ihrer Materialisierungen in Form elektronischer Systeme zusammengefasst werden. Auf diese Weise können verschiedene Ebenen definiert werden, die an inhaltlicher Komplexität zunehmen. Sie reichen von den elementaren Grundlagen digitaler Technologien, wie zum Beispiel dem Binärsystem, bis hin zu komplexen Systemen und Anwendungen (s. Abb. 3).

Die Arbeit an den einzelnen Lernstationen zielt dabei jeweils auf ein grundlegendes Verständnis ausgewählter „Schichten“ mit ihren technologischen Charakteristika. Die thematische Einbindung der Technik in ein lebensweltliches Ausgangsproblem, das in Form einer Aufgabe zu lösen ist, soll zugleich eine Reflexion sozial-humaner Implikationen digitaler Technologien ermöglichen. Schwerpunkte der Aufgaben bilden dabei die Bereiche Arbeit und Beruf.

3.4 Zugänglichkeit – Methodische Strukturierung

Zielsetzungen des methodischen Settings: Aus methodischer Sicht stellten sich in Bezug auf die Lernstationen vor allem die folgenden beiden Fragen:

Wie kann ein dauerhaftes, didaktisch auf verschiedene Zielgruppen adaptierbares, curricular verankertes sowie anschluss- und erweiterungsfähiges Bildungsangebot konzipiert

werden, das im universitären, schulischen und außerschulischen Bereich eingesetzt werden kann? Wie muss eine Lernstrecke konzipiert sein, die Lernenden eine möglichst selbsttätige Erschließung komplexer Lerngegenstände erlaubt und den Kompetenzzuwachs durch bereits Gelungenes, Verstandenes und Vollendetes spürbar werden lässt?

Die Antwort auf diese Fragen wurde in einem erweiterbaren Set an Lernstationen gesehen, die sich sowohl für Phasen der Instruktion als für eine aktive, selbstgesteuerte Aneignung von Wissen und Problemlösungsmöglichkeiten eignen.

Aufgabenorientierung der Lernstationen: Thematisch lassen sich die Lernstationen grob einzelnen Ebenen des vorher skizzierten Schichtenmodells zuordnen. Sie unterscheiden sich durch das Ausmaß an Komplexität sowohl in Bezug auf die Abstraktionen als auch in Bezug auf die technischen Entsprechungen (s. Tab. 1).

Erkenntnis und Erfahrung sollen sich an den Stationen möglichst an konkreten Aufgaben entwickeln. So kann das Dualsystem an einem „Binärzähler“ entweder durch forschendes Lernen oder durch konkrete Rechenaufgaben erarbeitet werden. Am Modell eines Parkhauses soll die Belegung durch Fahrzeuge kenntlich gemacht werden. Dabei lässt sich die Bedeutung elektrischer Signale für die Informationsübermittlung erfahren. Mit verschiedenen logischen Schaltungen bzw. Gattern können die Möglichkeiten der Veränderung von Informationszuständen untersucht und auf konkrete Aufgabenstellungen übertragen werden. Bei der Lösung von Aufgaben, bei denen Controller und Roboter programmiert werden müssen, setzen sich die Lernenden mit den hard- und softwaretechnischen Grundlagen mechatronischer Systeme auseinander und programmieren mit graphischen Werkzeugen klassische Algorithmen. Aufgaben mit einem 3D-Drucker ermöglichen den Lernenden Einblicke in die Produktentwicklung und -erstellung.

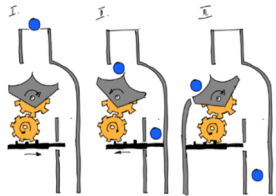
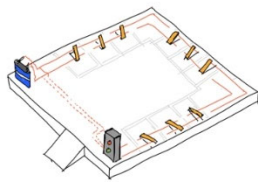
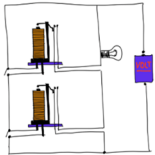
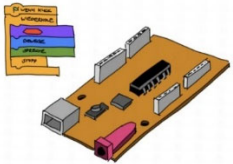
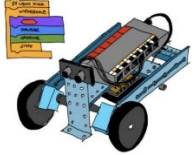
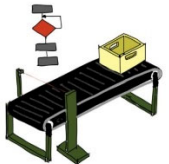
Drei Stationen sollen gezielt Zugänge zur Beurteilung von Chancen und Risiken der Künstlichen Intelligenz schaffen. Mit Hilfe des „analogen“ NIM-Spiels gewinnen die Lernenden zunächst einen Einblick in die grundsätzliche Funktionsweise des maschinellen Lernens. Sie erfahren, wie durch Training Regeln abgeleitet oder auch komplexe Muster erkannt werden können.

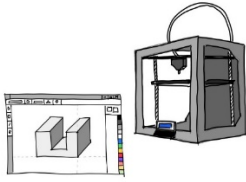
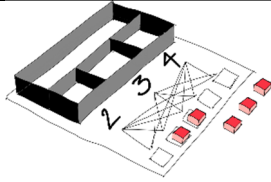
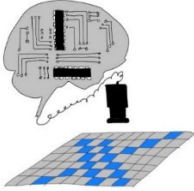
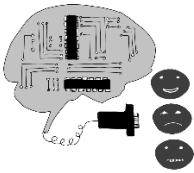
Die Bedeutung von Trainingsdaten für die Künstliche Intelligenz lässt sich außerdem an einer Station erkennen, in der es um Qualitätssicherungsprozesse im Rahmen der Produkterstellung geht. Ebenfalls trainiert werden muss die Datengrundlage für ein Gesichtserkennungssystem, das als Türöffner fungiert. Zusätzlich kann an einer Station mit einem Roboterarm, der sich durch Handführung programmieren lässt, die Reichweite digitaler Technologien im industriellen Bereich veranschaulicht werden.

Ausstattung der Lernstationen: Für die Ausstattung der Lernstationen wurde auf eine Kombination unterschiedlicher Elemente gesetzt. Mit Ausnahme des 3D-Druckers und des Roboterarms werden relativ preiswerte Gerätschaften eingesetzt. Erforderliche Aufbauten und Konstruktionen wurden teilweise selbst erstellt, sodass sie sich auch zur Nachahmung für studentische oder schulische Projekte eignen. Softwaretechnisch kommen die graphischen Programmierungsumgebungen Scratch oder mBlock zum Einsatz, wobei sich einige der Stationen auch für eine Anwendung textorientierter Sprachen eignen.

Für die Unterbringung und Präsentation der Lernstationen wurden fahr- und verschleißbare Kästen angeschafft. Sie sollen eine flexible Anordnung im Raum und einen leichteren Transport der Modelle und Gerätschaften für den außeruniversitären Einsatz ermöglichen. Glasaufsätze für die Kästen bieten sich zusätzlich für themenbezogene Ausstellungen an.

Tabelle 1: Übersicht über die Lernstationen

1 Station Binärzähler: Grundlage für die Digitalisierung – das Zählen mit nur zwei Ziffern	2 Station Parkhaus: Stromkreis als Voraussetzung für den Signal- und Datentransport
	
3 Station Elektronische Schaltungen: Neue Informationszustände schaffen durch Schaltungen	4 Station Arduino: Mikrocomputer – Wenn Technik reagiert, braucht es ein „Gehirn“
	
5 Station Roboter: Programmieren mit Scratch – wie kann Robotern Bewegung „eingehaucht“ werden?	6 Station Förderband: Maschinen in der Arbeitswelt – wie komplexe technische Prozesse gesteuert werden
	
7 Station 3D-Drucker: Vom Konsumenten zum Produzenten	8 Station Künstliche Intelligenz NIM-Spiel: Lernen durch Training

	
9 Station Künstliche Intelligenz: Trainierte Entscheidungen zur Qualitätssicherung	10 Station Künstliche Intelligenz: Gesichtserkennung mit KI
	
11 Station Kollege Roboter: Programmierte Verantwortung	
	

Zu einzelnen Lernstationen existiert ein umfangreiches Angebot an Informationen im Internet in Form eines Ilias-Kurses.³⁴ Dort werden zu jeder Station Ziele, erforderliches Fachwissen, Überlegungen zur Bildungsrelevanz sowie methodische Vorschläge, Anleitungen und Arbeitsmaterialien präsentiert, teilweise ergänzt um Filme und simulative Apps.

Die Materialien übernehmen verschiedene Funktionen: Sie dienen als Vorbereitung für die Arbeit an den Lernstationen sowohl für Lehrende als auch Lernende, bieten Studierenden fachliche und didaktische Zugänge für eigene Projekte und sollen außerdem sicherstellen, dass Stationen und Materialien über den an Hochschulen üblichen Personalwechsel hinaus in Gebrauch bleiben.

³⁴ https://elearn.ku.de/goto.php?target=crs_731417&client_id=elearnKU (abgerufen am 12.09.2025).

5 Reflexion

Die Lernstationen kamen u. a. in zwei aufeinanderfolgenden Jahren bei Veranstaltungen mit Schülerinnen und Schülern der achten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums zum Einsatz. Die Veranstaltungen wurden mithilfe eines Prä-Post-Designs evaluiert. Auf diese Weise sollten Erkenntnisse sowohl zu den Effekten der Arbeit mit den Lernstationen als auch zur Weiterentwicklung des Angebots an Lernstationen gewonnen werden.³⁵

Das vorrangige Ziel der Untersuchungen war, die Bandbreite möglicher Formate und Schwierigkeitsgrade von Aufgaben auszuloten, die einen für Schülerinnen und Schüler motivierenden Lernprozess erwarten lassen. Ein weiteres Ziel war es, Erkenntnisse darüber zu erlangen, ob das Veranstaltungsformat einen Beitrag zum Verständnisaufbau für Digitalisierungsprozesse speziell in der Arbeitswelt leisten kann und möglicherweise sogar zu einem Zuwachs an technologie- bzw. computerbezogener Problemlösekompetenz führt.

Die erhobenen Daten zeigen, dass die Effekte der Arbeit an den Stationen im Rahmen zeitlich begrenzter und isolierter Veranstaltungen nicht unbedingt in konkret nachweisbaren Wissens- oder Fähigkeitszuwächsen zu suchen sind, sondern eher in der positiven Wirkung auf einzelne Facetten technikbezogener Selbsteinschätzungen.

Konkrete Leistungszuwächse, etwa im Bereich der informatischen Modellierung realweltlicher Probleme, bedürfen systematischerer Ansätze in Schule und Unterricht. Allerdings lässt die Evaluation die Schlussfolgerung zu, dass die aktuell vorhandenen Stationen, Themen und Aufgabenformate von den Schülergruppen interessiert angenommen wurden und vom Schwierigkeitsgrad her angemessen waren.

Dies bietet verschiedene Anhaltspunkte sowohl für die Konzeption und Ausgestaltung vergleichbarer MINT-Maßnahmen, als auch für die Weiterentwicklung der Lernstationen.

Literatur

Arendt, Hannah: *Vita activa oder vom tätigen Leben*. 6. Auflage, München, Zürich 1989.

Bedorf, Thomas: Maschinenhermeneutik, in: Gerlek, Sebastian / Kissler, Sarah / Mämecke, Till / Möbus, Daniel (Hg.): *Von Menschen und Maschinen – Mensch-Maschine-Interaktionen in digitalen Kulturen*, Hagen 2022, 16–31.

Becker Matthias/ Spöttl, Georg/ Windelband Lars: Digitale Transformation. Digitalisierte Arbeitswelt und Konsequenzen für die berufliche Erstausbildung. *Bildung und Beruf*. 6/2023, 6–15.

Bitkom e.V.: Digitalisierung gestalten mit dem Periodensystem der Künstlichen Intelligenz – Ein Navigationssystem für Entscheider, online verfügbar unter: https://www.bitkom.org/sites/main/files/2018-12/181204_LF_Periodensystem_online.pdf, 2018 (abgerufen am 10.12.2024).

Brandstetter, Thomas: Nicht ohne Grund! In: *Max Planck Forschung* 3/2021, 21–31.

³⁵ Köck, Michael: Der Einsatz von Lernstationen zur Förderung des Computational Thinking.

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, acatech: *TechnikRadar 2024. Was die Deutschen über Technik denken*, online verfügbar unter: <https://www.acatech.de/publikation/technikradar-2024/>, 2024 (abgerufen am 10.12.2024).

Derbolav, Josef: Das Selbstverständnis der Erziehungswissenschaft, in: Oppolzer, Sigbert (Hg.): *Ausgangspunkte wissenschaftlichen Denkens: Denkformen und Forschungsmethoden der Erziehungswissenschaft. Band 1: Hermeneutik Phänomenologie Dialektik Methodenkritik*, München 1966, 119–158.

Eickelmann, Birgit / Fröhlich, Nicole / Bos, Wilfried / Gerick, Julia / Goldhammer, Frank / Schaumburg, Heike / Schwippert, Knut / Senkbeil, Martin / Vahrenhold, Jan (Hg.): *ICILS 2023 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking von Schülerinnen im internationalen Vergleich,** Münster 2024, online verfügbar unter: <https://doi.org/10.31244/9783830999492>.

Gesellschaft für Informatik e. V.: Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt, online verfügbar unter: https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf, 2016 (abgerufen am 10.12.2024).

Gramelsberger, Gabriele: *Philosophie des Digitalen zur Einführung*, Hamburg 2023.

Grunwald, Armin: *Der unterlegene Mensch. Die Zukunft der Menschheit im Angesicht von Algorithmen, künstlicher Intelligenz und Robotern*, München 2019.

Grunwald, Armin: Technikdeterminismus oder Sozialdeterminismus: Zeitbezüge und Kausalverhältnisse aus der Sicht des „Technology Assessment“, in: Dolata, Ulrich / Werle, Raymund (Hg.): *Gesellschaft und die Macht der Technik: Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*, Frankfurt/Main 2007, 63–82.

Harari, Yuval Noah: *Homo deus. Eine Geschichte von Morgen*, Sonderausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung, Bonn, 2017.

Janich, Peter: *Kultur und Methode. Philosophie in einer wissenschaftlich geprägten Welt*, Frankfurt am Main 2006.

Köck, Michael: Der Einsatz von Lernstationen zur Förderung des Computational Thinking bei Schülerinnen und Schülern, in: *Journal of technical education: JOTED* 12 (29. April 2024), 2, 101–128.

Klafki, Wolfgang: Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung, in: *Die Deutsche Schule*, H. 10, 1958, 450–471.

Klafki, Wolfgang: Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung, in: Roth, Hans / Blumenthal, Alfred (Hg.): *Auswahl Reihe A, Heft 1 – Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift „Die Deutsche Schule“: Didaktische Analyse*, Hannover 1962, 5–34.

Kultusministerkonferenz (KMK): Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit Künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen, online verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf, 2024.

Kunkel, Christian / Schoewe, Johannes: Zur Zulässigkeit automatisierter Entscheidungen im Einzelfall einschließlich Profiling im Sinne Art. 22 DSGVO – Praxisrelevanz und Wirksamkeit der Norm in Zeiten von Big Data und KI, in: Barton, Thomas / Müller, Claudia (Hg.): *Künstliche Intelligenz in der Anwendung. Rechtliche Aspekte, Anwendungspotenziale und Einsatzszenarien*, Wiesbaden 2021, 9–23.

- Lemke, Christoph / Monett, David / Bloomfield, Michael: Lernen und lehren mit und über KI: Chancen für eine Reformierung der Bildung, in: Achour, Sabine / Bieling, Hans / Massing, Peter / Schieren, Stefan / Varwick, Johannes (Hg.): *Künstliche Intelligenz*, POLITIKUM, Frankfurt/Main 2021, 54–61.
- Nordmann, Alfred: *Technikphilosophie. Zur Einführung*, Hamburg 2008.
- Otte, Roland: *Künstliche Intelligenz für dummies*, Weinheim 2019.
- Precht, Richard David: *Freiheit für alle. Das Ende der Arbeit wie wir sie kannten*, München 2022.
- Precht, Richard David: *Künstliche Intelligenz und der Sinn des Lebens*, München 2020.
- Renn, Jürgen: *Die Evolution des Wissens. Eine Neubestimmung der Wissenschaft für das Anthropozän*, Berlin 2022.
- Riehm, Tobias: Roboter als Personen im Rechtssinne? Zur Diskussion um eine digitale Rechtspersönlichkeit, in: *A VISO. Magazin für Kunst und Wissenschaft in Bayern*, 01/20, 2020, 30–33.
- Robinsohn, Saul Benjamin: *Bildungsreform als Revision des Curriculums*, 2. Aufl., Neuwied und Darmstadt 1979.
- Robinsohn, Saul Benjamin: Neue Lern- und Lehrinhalte, in: Brauneiser, Max (Hg.): *Attacken auf die Pädagogische Provinz*, Stuttgart 1970, 65–74.
- Ropohl, Günter: *Technologische Aufklärung. Beiträge zur Technikphilosophie*, 2. Aufl., Frankfurt am Main 1999.
- Schauer, Christian / Frank, Ulrich: Wirtschaftsinformatik an Schulen. Status und Desiderata mit Fokus auf Nordrhein-Westfalen, online verfügbar unter: https://www.icb.wiwi.uni-due.de/fileadmin/fileupload/ICB/research/research_reports/ICB-Report-No61.pdf, 2014 (abgerufen am 10.12.2024).
- Schwill, Andreas: *Fundamentale Ideen der Informatik*, 1993.
- Stalder, Felix: *Kultur der Digitalität*, Berlin 2016.
- Yogeshwar, Ranga: *Nächste Ausfahrt Zukunft. Geschichten aus einer Welt im Wandel*, Köln 2019.