

MICHAEL KÖCK (Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt)

**Praxisbericht: Der Einsatz von Lernstationen zur Förderung des
Computational Thinking bei Schülerinnen und Schülern**

Herausgeber

BERND ZINN

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

MICHAEL KÖCK

Praxisbericht: Der Einsatz von Lernstationen zur Förderung des Computational Thinking bei Schülerinnen und Schülern

ZUSAMMENFASSUNG: Im iLab@KU der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt können Lehramtsstudierende digitale Anwendungen und Mediensysteme kennenlernen und an bereits ausgearbeiteten Lernstationen die unterrichtliche Behandlung von MINT-Themen üben. Der Beitrag beschreibt die vorhandenen Lernstationen zur Informationstechnik sowie die Durchführung und Evaluation einer von Studierenden begleiteten Veranstaltung für Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer Woche zur Berufsorientierung. Themen der Maßnahme im iLab waren grundlegende Zusammenhänge digitaler Technologien sowie ihr Einsatz bei der Lösung von berufsnahen Problemstellungen. Mit der Evaluation der Veranstaltung im Prä-Post-Design sollten vorrangig Erkenntnisse zur Passung zwischen Lernstationen und Aufgabenformaten einerseits und der Zielgruppe andererseits gewonnen werden. Erwartet wurden ferner Hinweise auf mögliche Zuwächse bei der technologiebezogenen Problemlösekompetenz der Nutzerinnen und Nutzer durch die Arbeit an den Lernstationen.

Schlüsselwörter: Lernstation, Schülerlabor, Berufsorientierung, technisches Problemlösen, Computational Thinking

Practice report: Teaching, learning and researching at learning stations - the iLab@KU teaching/learning lab in action

ABSTRACT: At iLab@KU, an institution of the Catholic University of Eichstätt-Ingolstadt, student teachers can get to know digital applications and media systems and practise teaching STEM topics using learning stations. The article describes the available learning stations on information technology as well as the implementation and evaluation of an event for pupils accompanied by students as part of a career orientation week. The topics of the iLab event were the basic relationships between digital technologies and their use in solving problems in professional contexts. The evaluation of the event in the pre-post design was primarily intended to gain insights into the fit between learning stations and task formats on the one hand and the target group on the other. Evidence was also expected of possible increases in users' technology-related problem-solving skills through work at the learning stations.

Keywords: learning station, student lab, career orientation, technical problem solving, computational thinking

1 Einleitung

Die Dominanz digitaler Technologien fordert alle Bildungseinrichtungen. Insbesondere auch bei Schülerinnen und Schülern gilt es ein Überblickswissen anzubahnen, dass sowohl die technologischen Voraussetzungen als auch die soziotechnischen und sozioökonomischen Konsequenzen digitaler Technologien für Wirtschaft, Arbeit, Beruf und Berufsbildung berücksichtigt. Hierzu einen kleinen Beitrag beizusteuern, hat sich die in diesem Beitrag dokumentierte Maßnahme zum Ziel gesetzt. Beschrieben werden Einsatz und Evaluation von Lernstationen zur Informationstechnik im Rahmen einer Veranstaltung für Schülerinnen und Schüler, die im Zuge einer Berufsorientierungswoche eines Gymnasiums stattfand. Die Lernstationen sind Bestandteil des iLab@KU, einer Einrichtung der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt zur fach- und mediendidaktischen Ausbildung von Lehramtsstudierenden.

Inhaltlich stellte die Veranstaltung für die Schülerinnen und Schüler auf grundlegende Zusammenhänge digitaler Technologien sowie auf die Konzeption und Umsetzung technologie- bzw. computerbezogener Lösungen im Rahmen beruflicher Kontexte ab. Eine begleitende Untersuchung im Prä-Post-Design erfolgte vorrangig mit dem Ziel, Erkenntnisse zur Passung zwischen Lernstationen und Aufgabenformaten einerseits und der Zielgruppe andererseits zu gewinnen. Erwartet wurden ferner Hinweise auf mögliche Zuwächse beim *Computational Thinking*, einer besonderen Art der technologiebezogenen Problemlösekompetenz.

2 Konzeption der Lernstationen zur Informationstechnik

Im iLab@KU finden sich Lernstationen zu unterschiedlichen Bildungsbereichen und Schulfächern. Die Lernstationen zur Informationstechnik sind intentional und inhaltlich vorrangig an den fachdidaktischen Erfordernissen der Ausbildung von Lehramtsstudierenden für die schulische Berufsorientierung im Unterrichtsfach Wirtschaft und Beruf (Arbeitslehre) ausgerichtet, zielen jedoch auch auf grundlegende informationstechnologische Kompetenzen, wie sie heute für alle Schülerinnen und Schüler, Studierende und Lehrkräfte als unverzichtbar gelten (National Academy of Sciences, Engineering and Medicine 2021; Senkbeil et al. 2019, S. 79). Als Hands-on-Stationen konzipiert, soll mit ihrer Hilfe ein integriertes Wissen aufgebaut werden, das mit Blick auf Lehramtsstudierende technologische, allgemeindidaktische, fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte beinhaltet (Schmid, Krannich & Petko 2020, S. 121). Konzeptionell ausgelegt sind die Lernstationen jedoch auch für den Einsatz im schulischen und außerschulischen Bereich, zum Beispiel für den Einsatz im Rahmen eines Schülerlabors (vgl. Köck 2023).

Aktuell existieren neun Lernstationen, die sich sowohl für Phasen der Instruktion als für eine selbstgesteuerte Aneignung von Wissen und Problemlösungsmöglichkeiten eignen (<https://www.ilabku.com/informationstechnik>). Thematisch wird der Bogen vom Binärsystem bis hin zu Möglichkeiten des Einsatzes künstlicher Intelligenz gespannt, also von den Grundlagen der Digitaltechnik bis zu aktuellen Anwendungen. Inhaltlich sind die Lernstationen aufeinander bezogen und sollen – idealerweise in einer bestimmten Reihenfolge bearbeitet – das konzeptuelle Wissen über informationstechnische Zusammenhänge und ihre technologischen und human-sozialen Aspekte graduell aufbauen helfen. Bei der Auswahl der Inhalte für die Lernstationen wurden deshalb Anleihen zu Ebenen- bzw. Schichtmodellen genommen, wie sie innerhalb der Informatik Verwendung finden.

Die Arbeit an den Lernstationen zielt dabei auf ein grundlegendes Verständnis ausgewählter Schichten mit ihren jeweiligen technologischen Charakteristika und den darauf bezogenen Ab-

straktionen. Erreicht werden soll dies durch die Bearbeitung konkreter Aufgaben an funktionsfähigen Modellen sowie die Bereitstellung analoger Materialien. Neben der Auseinandersetzung mit technologischen Aspekten sollen die Aufgaben, Modelle und Materialien dabei helfen, Reflexionsprozesse zu soziokulturellen, ökonomischen oder politischen Aspekten digitaler Technologien im Sinne der „Dagstuhl-Erklärung“ der Gesellschaft für Informatik (2016) anzustoßen.

Für die Ausstattung der Lernstationen wurden mit einzelnen Ausnahmen preiswerte Gerätschaften angeschafft. Erforderliche Aufbauten und Konstruktionen wurden teilweise selbst erstellt, so dass sie sich auch zur Nachahmung für studentische Arbeiten oder Schülerprojekte eignen. Softwaretechnisch kommen die graphischen Programmierumgebungen Scratch oder mBlock zum Einsatz, wobei sich einige der Stationen auch für eine Anwendung textorientierter Sprachen eignen.

3 Theoretischer Hintergrund und didaktisches Design der Veranstaltung für die Schülerinnen und Schüler

3.1 Computerbezogene Kompetenzen und Berufsorientierung

Die strukturelle und inhaltliche Dominanz der Digitalisierung in Bezug auf Produkte, Systeme, Anwendungen, Prozesse, Geschäftsmodelle und berufliche Aufgaben bringt für die schulische Bildung stets neue Herausforderungen. Aus curricularer Sicht besteht die Schwierigkeit vor allem darin, das richtige Maß an Orientierungswissen zu finden, mit dem Kinder und Jugendliche in eine möglichst gute Ausgangslage versetzt werden, um chancengerecht an der digitalen Zukunft mitzuwirken (vgl. Precht 2022, S. 468). Da ein gefestigtes Wissen über Arbeit und Beruf als notwendiger Bestandteil der Berufswahlkompetenz gilt, sollten Kenntnisse über und Erfahrungen mit Informationstechnologien innerhalb beruflicher Orientierungsmaßnahmen ausreichend Berücksichtigung finden. Die hohe Innovationsgeschwindigkeit innerhalb der Informations- und Kommunikationstechnologien erschwert allerdings konkrete Aussagen zu zukünftigen beruflichen Anforderungen. Gefragt sind anschlussfähige Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Technologien. Sie müssen jedoch eine geringere Spezifität aufweisen als entsprechende beruflich verwertbare Kompetenzen.

Der Diskurs über das notwendige Rüstzeug für eine Partizipation an der digitalen Zukunft wird mit unterschiedlichen Termini, Konstrukten und Modellen geführt. Generell firmieren die Diskurse und Forschungen unter dem Begriff *Information and Communication Technology (ICT) Literacy*. Die Bandbreite entsprechender Zielformulierungen reicht vom „technologiebasierten Problemlösen“ über „digitale Kompetenzen“, „Kompetenzen in einer digitalen Welt“, „Digitalkompetenz“ bis hin zu „computer- und informationsbezogenen Kompetenzen“. Mit Blick auf die in der Arbeitswelt erforderlichen Fähigkeiten spricht die amerikanische NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2021, S. 7) beispielsweise von *Competencies in Computing*. Computing umfasst hier ein weites Feld, das sich auf alle Bereiche bezieht, in denen wissenschaftlich oder berufsbezogen mit Computern oder computerbezogenen Methoden und Prinzipien gearbeitet wird.

Welche Bedeutung den medien- und computerbezogenen Kompetenzen national wie international beigemessen wird, zeigt sich an verschiedenen Strategiepapieren und Kompetenzrahmen. Beispiele hierfür sind das Strategiepapier der KMK (2016) „Bildung in der digitalen Welt“, die „International Computer and Information Literacy Studie“ (ICILS) 2018 (Eickelmann et al. 2019)

oder das im Auftrag der EU-Kommission entwickelte Kompetenzmodell „DigComp 2.1“ (Carretero, Vuorikari & Punie 2017). Zusätzlich zu den mit ICT-Literacy umschriebenen Fähigkeitsbereichen rückt seit geraumer Zeit die Problemlösung in Kooperation mit Computern in den Blick. Ein Sammelbegriff für derartige Problemlösestrategien ist das *Computational Thinking* (Curzon & McOwan 2018, S. 201), das als *twenty first century skill* betrachtet wird (vgl. Guggemos, Seufert & Román González 2021; Eickelmann 2017).

3.2 Computational Thinking (CT)

Mit der Charakterisierung des *Computational Thinking* haben sich unterschiedlichste Personen und Institutionen befasst (Bocconi et al. 2016, S. 15 f.). Maßgeblichen Anteil an der Diskussion und Klärung des Konstrukts hat Jeannette M. Wing (2006/2008). Sie beschreibt *Computational Thinking* (CT) als eine Art analytischen Denkens, das Anleihen aus dem mathematischen, dem ingenieurmäßigen und wissenschaftlichen Denken nimmt. Berechnungen von Computern deutet sie als „*automation of our abstractions*“. Gemäß dieser Sichtweise handelt es sich um kognitive Abstraktionen, die zwar für die Arbeit von Maschinen genutzt werden können, allerdings auch in vielen anderen Lebenslagen hilfreich sind. Gemeint sind mit dem Konstrukt somit in erster Linie mentale Prozesse, die als Denkkonzepte auch unabhängig von technologischen Aspekten ablaufen, in Kombination mit Computern jedoch vorteilhafte Lösungen versprechen (vgl. Wing 2008, S. 3719). Der Fokus liegt beim *Computational Thinking* daher nicht in erster Linie auf dem Programmieren, sondern auf der Suche nach geeigneten Algorithmen und zweckdienlichen Daten zur Lösung konkreter Probleme. Nach diesem, in der wissenschaftlichen Literatur verbreiteten Verständnis integriert das Konstrukt zwar mathematische und teils auch technisch-konstruktive Aspekte, zielt aber mehr auf die Performanz von Ideen als auf ihre konkrete technische Umsetzung (vgl. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2021, S. 9; ISTE 2019).

Im Vergleich zu Forderungen nach dem Aufbau von Programmierkenntnissen, ist das Konstrukt somit offener und kann im Hinblick auf pädagogische Aufgaben im Allgemeinbildungsbereich eher überzeugen, zumal für die Umsetzung CT-fördernder Aufgabenstellungen durchaus auch Softskills als zweckdienlich erachtet werden (vgl. Román-González et al. 2019, S. 80). Damit ist die Förderung der unterschiedlichen Facetten des *Computational Thinkings* auch nicht auf einzelne Schulfächer beschränkt (Román-González et al. 2022, S. 77 f.; Labusch et al. 2019, S. 72).

Grundsätzlich wird diese Art der Denkweise vor allem mit fünf Aspekten in Verbindung gebracht, die auch als Kompetenzfacetten für die Lösung von Problemen aufgefasst werden können (vgl. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2021; CSforCA; Bocconi et al. 2016, S. 17). Es handelt sich dabei um *decomposition*, *abstraction*, *algorithmic thinking*, *evaluation* und *generalization*. Mit der Dimension *decomposition* wird die Kompetenz in Verbindung gebracht, ein System in seine Bestandteile aufzugliedern oder so zu zerlegen, dass die Probleme übersichtlicher werden. *Abstraction* kann als Fähigkeit beschrieben werden, die Hauptaspekte eines Problems auszumachen und in Repräsentationen zu überführen, die sich in der Handhabung einfacher erweisen. *Algorithmic thinking* bezeichnet das schrittweise Vorgehen bei der Lösungsfindung. *Evaluation* befähigt zur Bewertung und Beurteilung einer Lösung. *Generalization* schließlich meint die Fähigkeit, die Lösung auf andere ähnliche Problemlösungskontexte zu übertragen.

Die um den Bereich *Computational Thinking* ergänzte international vergleichenden International Computer and Information Literacy Study (ICILS) aus dem Jahr 2018 zum Umgang mit In-

formations- und Kommunikationstechnologien zielt ebenfalls auf das Verständnis von Problemlösungsprozessen. Fokussiert werden die Entwicklung und Anwendung von Algorithmen, ihrer Modellierung, Formalisierung und Umsetzung auf einem Computer bzw. auf digitalen Systemen (Labusch et al. 2019). Das der Studie zugrundeliegende Begriffsverständnis von CT bezieht sich auf die Fähigkeit einer Person, eine Problemstellung zu identifizieren und abstrakt zu modellieren, sie in Teilprobleme oder -schritte zu zerlegen, Lösungsstrategien zu entwerfen und auszuarbeiten und diese formalisiert so darzustellen, dass sie von einem Menschen oder auch einem Computer verstanden und ausgeführt werden können (Eickelmann 2017, S. 53). In diesem Zusammenhang wird zwischen Fähigkeiten zur Konzeptualisierung eines Problems sowie zur Operationalisierung der Lösung unterschieden (Eickelmann et al 2019, S. 367 f.).

Förderung von Computational Thinking (CT): Darüber, wie dieser als zunehmend wichtige und zukunftsrelevante Kompetenzbereich im deutschen Schulsystem curricular verankert werden soll, besteht noch keine abschließende Klarheit. Generell kommt Aufgaben für die Förderung von *Computational Thinking* jedoch eine entscheidende Rolle zu. Nach Dagiene et al. (2017, S. 24) sollten diese grundsätzliche informatorische Konzepte berühren, Aufmerksamkeit und Interesse der Lernenden durch Bilder, kurze Geschichten oder Aktivitäten wecken und nicht allzu technisch sein. Die Nähe der mit CT umschriebenen Fähigkeiten zu allgemeinen Problemlösungskompetenzen bringt es mit sich, dass sie sowohl in Verbindung mit als auch ohne Einsatz von Technik angebahnt werden können. Ein Ansatz zur Förderung setzt daher auf die Aneignung von logisch-algorithmischen Grundlagen zur Problemlösung und zwar ohne Technikeinsatz. Rechtfertigen lässt sich das damit, dass für die algorithmische Struktur von Computerprogrammen verschiedene mentale Vorarbeiten erforderlich sind. So muss das zu lösende Problem erst als solches erkannt, seine Struktur analysiert und der relevante Datensatz für die Problemlösung identifiziert werden (vgl. Eickelmann 2017, S. 53). Methodisch umsetzen lassen sich „analoge“ Formen der CT-Förderung dann beispielsweise über Spiele, Rätsel oder Zaubertricks (s. Gallenbach 2008; Curzon & McOwen 2018; Grover 2022, S. 23 f.).

Für den Technikeinsatz in Zusammenhang mit der Förderung von *Computational Thinking* spricht allerdings das Motivationspotenzial von Computern und Programmen. Anwendungen und Systeme wie LEGO Mindstorms, Scratch oder Roberta haben dazu beigetragen, die Barriere zwischen der mentalen Erfassung eines Problems und seiner hard- und softwareseitigen Lösung abzusenken. Über computergestützte Simulationen, das Design eigener Computerspiele oder die Programmierung von Robotern bietet sich auch Laien ein vereinfachter Zugang zu informatorischen Konzepten. Probleme und Aktivitäten müssen hierbei analysiert, zerlegt, abstrahiert und angelegte Lösungen konstruiert und programmiert werden (vgl. Bocconi et al. 2016, S. 39 f.).

Effektiv ist es möglicherweise, verschiedene Formen der Aneignung von CT miteinander zu kombinieren. Ein Wechsel von spielerischen bzw. „unplugged“ Maßnahmen zum Programmieren eröffnet in diesem Zusammenhang verschiedene Möglichkeiten. Lernenden kann so das Potenzial von Computern vor Augen geführt, die Notwendigkeit zur Datenabstraktion demonstriert und das Gefühl digitaler Teilhabe ermöglicht werden (vgl. Grove 2022, S. 25).

3.3 Didaktisches Design der Maßnahme

Die Veranstaltung, die in zwei aufeinanderfolgenden Jahren in gleicher Form durchgeführt wurde, war jeweils Teil einer Woche zur Studien- und Berufsorientierung für die Schülerinnen und Schü-

ler der 9. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums. Beabsichtigt war, bei den Gymnasiasten über verschiedene Aufgaben an den Lernstationen Neugier und Interesse für informationstechnische Zusammenhänge zu wecken, Erfahrungen mit berufsnahen Anforderungen zu ermöglichen und Reflexionsprozesse über die digitale Transformation von Arbeit und Beruf anzustoßen.

Die 90 Schülerinnen und Schüler nahmen klassenweise an der Veranstaltung teil. Für jede Klasse standen jeweils 90 Minuten zur Verfügung. Zu Beginn eines jeden Zeitslots erhielten die Teilnehmenden eine kurze Einführung in die Thematik, danach wurden organisatorische Aspekte besprochen und jeweils vier Gruppen eingeteilt. An den in zwei Räumen aufgebauten Lernstationen bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler dann unter Anleitung von Studierenden verschiedene Probleme. Der Zeitrahmen für jede Lernstation betrug in etwa 25 Minuten. Die Arbeit in den Gruppen wurde von den Studierenden angeleitet, wobei sowohl „analoge“ Materialien als auch funktionsfähige technische Systeme eingesetzt wurden. Je nach Aufgabe und Lernstation mussten Algorithmen formuliert, Roboter und Controller programmiert und eine KI mit Daten gefüttert werden. Zudem wurde der Einsatzbereich der jeweiligen Technologien in Beruf und Freizeit reflektiert. Bei den zur Unterstützung eingesetzten analogen Lernmaterialien handelt es sich um bildliche Darstellungen der jeweiligen Ausgangssituationen bzw. der Probleme, lose Scratch-Code-Blöcke und Programmablaufsymbole in Papierform für das kooperative Lösen in der Gruppe sowie Musterlösungen für eine abschließende Besprechung.¹

Nachdem die Schülerinnen und Schüler eines Zeitslots vier Lernstationen absolviert hatten, wurde die Maßnahme an einer weiteren Lernstation abgeschlossen. Es handelte sich dabei um einen Roboterarm, der sich durch geführte Bewegungen programmieren lässt. Nach einer Vorführung durch eine Schülergruppe wurden die an den Lernstationen gemachten Erfahrungen im Plenum reflektiert sowie ausgehend davon Trends in der Arbeits- und Berufswelt diskutiert.

4. Evaluation der Maßnahme

4.1 Evaluationsfragestellungen

Die Intentionen der begleitenden Evaluation gingen in verschiedene Richtungen. Eine Kombination aus Fragen und Testaufgaben im Vorfeld der Veranstaltung sollte Anhaltspunkte dafür liefern, ob die nach gängigen didaktischen Designprinzipien konzipierten Lernstationen und Aufgabenformate im Hinblick auf die anvisierte Zielgruppe methodisch und inhaltlich anforderungsgerecht gestaltet sind. Von Interesse waren insbesondere Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf das Funktionsspektrum digitaler Technologien, vorhandene Kenntnisse zur Beschreibung von Prozessen über Kontrollstrukturen sowie Erfahrungen bei der Übersetzung dieser Algorithmen in grafische Programmsymbole und ihrer Anordnung in grafischen Programmierumgebungen. Des Weiteren sollten mögliche Veränderungen bei computerbezogenen Fähigkeiten durch die Veranstaltung festgestellt werden. Im Fokus dabei standen einzelne Facetten des Konstrukts *Computational Thinking*. Insgesamt erwartet wurden Hinweise für die Weiterentwicklung des didaktischen Konzepts ähnlicher Veranstaltungen. Konkret standen im Mittelpunkt der Erhebung folgende Fragestellungen:

¹ Ein Beispiel für die Begleitmaterialien zu einem Modell, bei dem es um eine temperaturgestützte Beschattung eines Fensters geht, findet sich hier: https://elearn.ku.de/goto.php?target=file_833288_download&client_id=elearnKU

- 1) Wie schätzen die Schülerinnen und Schüler das Ausmaß der technologischen Möglichkeiten moderner Computersysteme ein?
- 2) Welche Erfahrungen rechnen sich die Schülerinnen und Schüler in Bezug auf das Programmieren vor und nach der Veranstaltung zu?
- 3) Lassen sich in Zusammenhang mit der Veranstaltung Effekte in Bezug auf technikbezogene Einstellungen feststellen?
- 4) Welche der Stationen hat das meiste Interesse der Schülerinnen und Schüler geweckt?
- 5) Lässt sich durch die Arbeit an den Lernstationen ein Zugewinn bei einzelnen Facetten des technischen Problemlösens bzw. des *Computational Thinking* feststellen?
- 6) Entsprechen die Anforderungen der Testaufgaben der Zielgruppe und lassen sich daraus Folgerungen für die Aufgabenkonstruktion an den Lernstationen ziehen?

4.2 Durchführung der Untersuchung

Rahmenbedingungen und Untersuchungsansatz: Die zeitlichen und schulorganisatorischen Rahmenbedingungen beschränkten das Evaluationsvorhaben auf ein einfaches Prä-Post-Design. Im Unterschied zu einem experimentellen oder quasiexperimentellen Design wurde keine Randomisierung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer vorgenommen und auch keine Kontrollgruppe gebildet (vgl. Döring & Bortz 2016, S. 102). Durchgeführt wurde zunächst eine als Vorstudie angelegte Untersuchung mit zwei Messzeitpunkten im Jahr 2022. Sie diente der Exploration der Erhebungsinstrumente in Bezug auf Zeitaufwand, Verständnisprobleme und andere Faktoren. Die Untersuchung im zweiten Jahr wurde mit einem leicht modifizierten Erhebungsinstrument ebenfalls zu zwei Messzeitpunkten durchgeführt.

Die erste Messung fand in beiden Jahren gut eine Woche vor der Veranstaltung statt und zwar jeweils getrennt nach den beteiligten Klassen im Computerraum der Schule. Die Veranstaltung selbst wurde aufgrund der Teilnehmerzahlen an einem ganzen Tag durchgeführt. Die nachher-Messung erfolgte aufgrund organisatorischer Bedingungen in beiden Jahren erst etwa zwei Wochen nach der Veranstaltungswoche. Die meisten Schülerinnen und Schüler bearbeiteten den online-Fragebogen im Plenum. Der Zugang zu der Umfrage war jedoch schon vorher bekannt gegeben worden, was einige der Schülerinnen und Schüler auch nutzten. Schulorganisatorische Aspekte und Krankheitsausfälle waren Gründe dafür, dass zum zweiten Messzeitpunkt nicht mehr alle Schülerinnen und Schüler an der Befragung teilnahmen. Wie sich zeigte, hatten etliche der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler zudem ihre Passwörter nicht mehr präsent.

4.3 Methode bzw. Instrument der Datenerhebung

Fragebogen- bzw. Testkonstruktion: Erstellt wurden zwei online-Fragebögen bzw. Testinstrumente. Ein Exemplar für den Prä- und eines für den Posttest. Neben Angaben zu Alter und Geschlecht wurden jeweils Lieblingsfach und Art des besuchten Gymnasialzweiges abgefragt. Des Weiteren wurden eine Aufgabe zur Einschätzung des Funktionsspektrums digitaler Apps, verschiedene Aufgaben zum technischen Problemlösen bzw. zu einzelnen Facetten des *Computational Thinking* sowie Fragen zu technologiebezogenen Einschätzungen aufgenommen.

Um das aktuell vorhandene Wissen über digitale Systeme zu erheben, wurden die Schülerinnen und Schüler sowohl im Prä- als auch im Posttest mit der Beschreibung einer App für Smart-

phone bzw. Tablet und der Auflistung möglicher Funktionen konfrontiert. Zum ersten Messzeitpunkt wurden verschiedene Funktionen für eine App mit personalisierten Romanen, beim zweiten Messzeitpunkt solche für eine Gesundheitsapp vorgeschlagen. Die Schülerinnen sollten die ihrer Meinung nach technisch realisierbaren Funktionen auswählen. Technisch möglich sind theoretisch alle der aufgeführten Funktionen. Die Ergebnisse der Aufgabe sollten u. a. dazu verwendet werden, um mit den Jugendlichen während oder im Anschluss an die Lernstationenarbeit über Möglichkeiten und Risiken digitaler Systeme ins Gespräch zu kommen

Über die Rückmeldungen zu einer einfachen ja/nein-Frage sollten zudem Hinweise auf Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit dem Thema Coding/Programmieren gewonnen werden. Da die berufsorientierende Veranstaltung stark auf technologische Zusammenhänge abhob, lag es außerdem nahe, technikbezogene Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zu erheben. Entsprechende Einstellungen nehmen u. a. Einfluss auf Berufswahlentscheidungen und sind von unterschiedlichen Faktoren abhängig (Ardies et al. 2014). Ob sie durch Interventionen beeinflusst werden, die thematisch auf *Computational Thinking* ausgerichtet sind, ist eine auch in der Forschung relevante Fragestellung (vgl. del Olmo-Muñoz 2022). In Anbetracht zeitlicher und schulorganisatorischer Restriktionen musste das Untersuchungsinstrument möglichst schlank gehalten werden. Daher konnten technikbezogene Einstellungen in der Untersuchung nur mit einem Einzelitem zur Techniksicherheit berücksichtigt werden. Es wurde in Anlehnung an die Items der Kurzskala Technikbereitschaft (Neyer, Felber & Gebhardt 2016) und der Skala zur Selbstwirksamkeitserwartung (Janneck, Vincent-Höper & Othersen 2012) konstruiert und mit einer fünfstufigen Ratingskala in den Fragebogen aufgenommen (1 = „sehr unsicher“ bis 5 = „sehr sicher“).

Die Items im Untersuchungsinstrument mit Bezug zum *Computational Thinking* orientieren sich an den ISTE-Standards for Students sowie an einzelnen, nach der ICILS-Studie 2018 als wichtig erachteten Facetten (Eickelmann et al 2019, S. 383 f.). Konzeptionell können die Testaufgaben den im englischen Sprachraum gebräuchlichen Facetten „*algorithmic thinking*“ und „*decomposition*“, „*evaluation*“ sowie den in der ICILS-Studie fokussierten Bereichen „Probleme konzeptualisieren“ und „Lösungen operationalisieren“ zugeordnet werden (s. Tabelle 1). Nach Erfahrungen aus der Untersuchung im Jahr 2022 wurden einige der Aufgaben leicht modifiziert. Für beide Messzeitpunkte wurde jeweils ein inhaltlich ähnliches Aufgabenpaar erstellt. Um Übungseffekte und Erinnerungslösungen zu vermeiden, bezogen sich die Aufgabenzwillinge teils auf andere Sachverhalte. Bei einigen der Aufgaben wurde der Schwierigkeitsgrad gegenüber dem ersten Messzeitpunkt leicht erhöht.

Bei den Aufgabentypen wurden Anleihen aus dem *Computational Thinking Test* (CTt) und dem Bebras-Test genommen. Inhaltlich weichen die Items teilweise jedoch von den Aufgabenszenarien dieser Tests ab. Die Gründe hierfür lagen in der Absicht, die Testaufgaben an den Aufgabenstellungen der Lernstationen bzw. zumindest teilweise auch an realen beruflichen Aufgabenstellungen zu orientieren. Mit Blick auf die Anforderungen an den Lernstationen lag der Schwerpunkt bei den Testaufgaben auf der Analyse und Interpretation algorithmisch relevanter Informationen und ihrer Übertragung auf Problemlösungsschritte und Programmbefehle. Die Repräsentation der jeweiligen Problemstellung und der Lösungen erfolgte dabei auf unterschiedliche Art und Weise. Die eigentliche Problemsituation selbst wurde als analoge bildliche Darstellung gezeigt. Aufgrund von Hinweisen zum Einfluss der Auswahl eines Programmierparadigmas auf Problemlösungsfähigkeiten und Lernprozesse (vgl. Hoppe & Manske 2022) wurden bei der Darstellung möglicher Lösungen unterschiedliche symbolische Formen für die Abstraktionen verwendet. Je nach Aufgabe sind die Lösungen entweder textuell, ikonisch in Form von Codeblöcken in Anlehnung an die Programmierumgebung Scratch oder in Form von Programmablaufsymbolen repräsentiert.

Beschreibung der Aufgaben: Bei den korrespondierenden Aufgaben AP1.1 (für den Prä-Test) und AP1.2 (für den Post-Test) geht es um die Sequenzierung von Befehlen für die Programmierung eines fahrerlosen Transportsystems. Aus einem bildlich dargestellten und sprachlich beschriebenen Prozess muss die richtige Lösung für eine computerbasierte Prozesssteuerung ausgewählt werden. Zur Auswahl stehen verschiedene Lösungen, die den Vorgang bereits in Einzelschritte zerlegt darstellen. Die Schwierigkeit bei der Auswahl der richtigen Lösung liegt hier vor allem in der Fülle der Informationen, der Analyse und Interpretation ihrer Bedeutung sowie der Abwägung zwischen logisch erscheinenden Prozessen. Technisch bezieht sich die Aufgabe auf mehrere der Lernstationen, bei denen Prozessschritte mit Ein- und Ausgaben durch Sensoren und Aktoren in die richtige Reihenfolge zu bringen sind.

Beim Aufgabenpaar AP5.1 und AP5.2 wird auf einen direkten Bezug zum Computer verzichtet. Der Fokus liegt hier neben der Verarbeitung unterschiedlicher, durch die Aufgabenstellung vorgegebener Informationen auf der Auswahl einer möglichst effektiven Problemlösungsmethode. Inhaltlich lässt sich die Aufgabe AP5.1 dem technischen Problemlösen bzw. der Störungsbeseitigung, die Aufgabe AP5.2 der Diagnose zurechnen (vgl. Stemmann & Lang 2014, S. 87 f.). Bei AP5.1 soll ein vermeintlicher Fehler im Heizungssystem möglichst effektiv eingekreist werden. Dazu werden verschiedene Suchalgorithmen vorgegeben. Bei der Aufgabe AP5.2 wird ein Zimmer mit verschiedenen Elektrogeräten und Steckdosen gezeigt. Gefordert ist auch hier die Auswahl eines effektiven Suchalgorithmus für den größten Stromverbraucher. Vorgegeben werden in beiden Aufgaben jeweils zufällige, linear gestaltete Schrittfolgen oder solche mit Zielreduktion. Während bei Lösungsfolgen mit linearer Schrittfolge stur nacheinander vorgegangen werden kann, wird bei einer Zielreduktion das Problem in kleinere, sich ähnelnde Probleme zerlegt. Eine solche auch als rekursive Problemlösung bezeichnete Problembewältigung ist neben der praktischen Bedeutung für den Alltag auch eine zweckmäßige Grundstruktur für die Bildung von Programmialgorithmen (vgl. Curzon & McOwan 2018, S. 211).

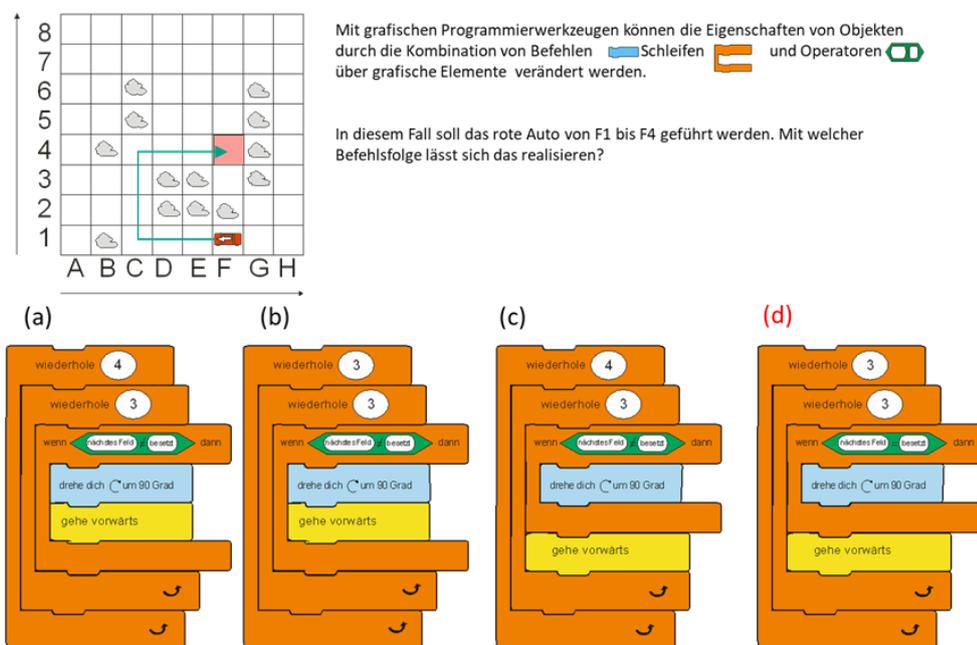


Abb. 1: Aufgabe AP_3.2: Welcher Code ist richtig?

Mit Blick auf die an den Lernstationen zu lösenden Probleme widmeten sich die Aufgabenpaare AP2.1/2.2, AP3.1/3.2; AP4.1/4.2 im Prä- und Posttest dem visuellen Kodieren mit Scratch-Programmblöcken (Beispiel s. Abb. 1). Die Problemstellungen sind hier weniger „technisch“ und nehmen u. a. Anleihen bei Computerspielen. Ausgewählt werden soll wieder jeweils eine richtige Lösung für das Problem aus mehreren vorgegeben Codeblöcken. Die den Aufgaben zugrundeliegenden algorithmischen Konzepte beziehen sich auf die an den Lernstationen zu lösenden Algorithmen und Kontrollstrukturen zur Programmierung der physischen Systeme. Programmtechnisch beziehen sich die Aufgaben auf grundlegende Konzepte wie Befehle, Sequenzierung, Bedingungen, Schleifen und das Setzen von Parametern (vgl. Kong 2019; Grover & Pea 2015; Brennan & Resnick, 2012). Da bei diesen Aufgabentypen neben den Anforderungen aus den informativischen Konzepten auch Verständnis und Wissen der Bedeutung grafischer Programmiersymbole mit erhoben werden, werden die Aufgaben durch kurze Erklärungen der Symbole eingeleitet (vgl. Weintrop et al. 2022, S. 93).

Für das Aufgabenpaar FD1.1 (Prä-Test) und FD1.2 (Post-Test) wurde mit verschiedenen Flussdiagrammen eine andere Programmsymbolik für die Lösungsvorschläge gewählt. Nach Angaben der Lehrkräfte waren die Schülerinnen und Schüler mit derartigen Symbolen vertraut, so dass hier auf eine nähere Erläuterung verzichtet wurde. Thematisch beziehen sich beide Aufgaben auf die Programmierung einer Förderanlage (s. Abb. 2) und entsprechen damit einer Lernstation, bei der ebenfalls der Programmablauf für ein Förderband zu bestimmen ist.



Derartige Vorgänge können mit Flussdiagrammen dargestellt werden. Welche Darstellung beschreibt den Vorgang korrekt?

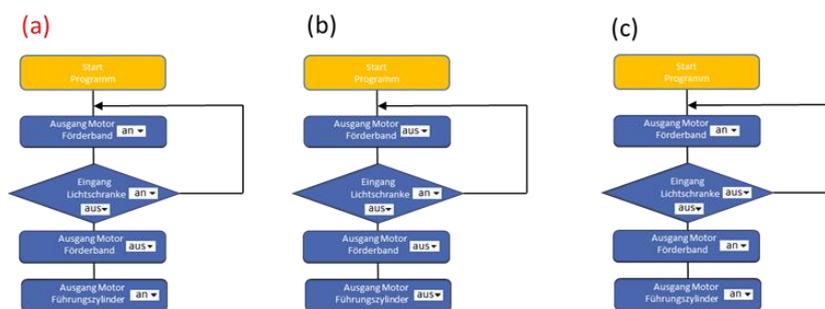


Abb. 2: Aufgabe FD_1.2: Welches Flussdiagramm beschreibt den Ablauf richtig?

Um zu vermeiden, dass sich die Schülerinnen und Schüler bei den MC-Aufgaben zum *Computational Thinking* der farblichen oder graphischen Zusammensetzung der Symbole oder Blöcke erinnern, sondern tatsächlich das Problem analysieren, wurden die Aufgaben für den zweiten Messzeitpunkt inhaltlich und zum Teil auch in der Komplexität leicht verändert (vgl. Weintrop 2022, S. 95). Tabelle 1 listet alle Aufgaben nach Typen und Schwerpunkten auf.

Tab. 1: Übersicht über die Aufgaben/Items

Aufgabenbezeichnung/ Inhalt	MC-Aufgabentyp	CT-Kompetenz	ICILS- Kompeten- aspekte	Algorithmic/ concepts/constructs
CN1.1 App personalisierte Romane CN1.2 Krankenkassenapp	Sprachliche Antwort- vorgaben		I.1 Über Wissen und Verständnis von digitalen Systemen verfügen	
AP1.1 Fahrerloses Trans- portsystem AP1.2 Fahrerloses Trans- portsystem	Sprachliche Antwort- vorgaben	Algorithmic thinking Decomposition Evaluation	I.2 Probleme formulieren und analysieren. I.1 Lösungen planen und bewerten	Sequenzierung von Befehlen, wenn-dann-Bedin- gungen
AP2.1 Paceman fängt Geist AP2.2 Paceman fängt Geist	Kodieraufgabe mit Auswahl aus versch. Scratch- Blöcken	Algorithmic thinking Decomposition Evaluation	II.2 Algorithmen, Programme und Schnittstellen entwickeln	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen
AP3.1 Paceman fängt Geist AP3.2 Auto umfährt Hinder- nisse	Kodieraufgabe mit Auswahl aus versch. Scratch- Blöcken	Algorithmic thinking Decomposition Evaluation	II.2 Algorithmen, Programme und Schnittstellen entwickeln	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen, Verwendung von Operatoren und Set- zen von Bedingungen
AP4.1 Stift zeichnet Quadrat AP_4.2 Stift zeichnet Kreis	Fehlersuche für Ko- dieraufgabe mit Aus- wahl aus versch. Fehlerbeschreibungen	Algorithmic thinking Decomposition Evaluation	II.2 Algorithmen, Programme und Schnittstellen entwickeln	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen
AP5.1 Fehlersuche Heizung AP5.2 Stromverbraucher er- mitteln	Auswahl aus versch. Antwortvorgaben	Algorithmic thinking Decomposition Evaluation	I.2 Probleme formulieren und analysieren. I.1 Lösungen planen und bewerten	Problemreduktion, Aufrechnen von Lö- sungsschritten
FD1.1 Transportband 1 FD1.2 Transportband 2	Auswahl aus versch. Flussdiagrammen	Algorithmic thinking Decomposition Evaluation	Probleme konzeptua- lisieren. Lösungen operationalisieren	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen, Ver- wendung von Opera- toren und Setzen von Bedingungen

Weitere Fragen: Im Vergleich zum ersten Messzeitpunkt enthielt der Fragebogen für die nachher-Messung zusätzliche Fragen. Eine davon bezog sich darauf, welche Lernstation den Schülerinnen und Schülern am besten gefallen hat. Eine weitere Frage, die mit Ja oder Nein beantwortet werden konnte, diente der Erhebung der Einschätzung, ob sich die Befragten nun besser vorstellen können, was Digitalisierung in der Arbeitswelt bedeutet.

Um trotz Datenschutz eine Zuordnung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer an den beiden Messungen zu ermöglichen, wurden die Gymnasiasten gebeten, ein Passwort einzugeben.

Die im Erhebungsinstrument vorgesehenen bildlichen Darstellungen für die Aufgaben machten den Einsatz eines entsprechenden Tools notwendig. Verwendet wurde eine kostenpflichtige Version der App „Umfrageonline“.

4.4 Methoden der Datenauswertung

Deskriptive und schließende Statistik: Die aus beiden Befragungsdurchgängen mit dem Fragebogentool generierten Daten wurden in Excel-Dateien überführt, entsprechend des Codebuchs aufbereitet und nach einer Transformation von Zeilen in Spaltenform in SPSS (Version 23) importiert. Für die deskriptive Auswertung der Daten wurden alle Fälle herangezogen. Für die Untersuchung der Daten nach signifikanten Unterschieden nur diejenigen Fälle, die sich über das Passwort eindeutig zuordnen ließen. Aufgrund der unterschiedlichen Skalierungen der Daten kamen verschiedene Verfahren zum Einsatz:

- Zur Auswertung unterschiedlicher Häufigkeiten binärer bzw. dichotomer Variablen von miteinander verbundenen Stichproben über zwei Messzeitpunkte hinweg wurde der McNemar-Chi-Quadrat-Test angewendet (Döring & Bortz 2016, S. 738; Bortz 2005, S. 159 f.).
- Zur Signifikanzprüfung von Unterschieden zwischen zwei zweistufigen, nominalskalierten und aufsteigend codierten Variablen bei unabhängigen Stichproben wurde der Mann-Whitney-U-Test benutzt (Döring & Bortz 2016, S. 916; Bortz 2005, S. 150 f.).
- Für die Überprüfung von Skalenwertverschiebungen bei ordinalskalierten Daten wurde der Wilcoxon-Test eingesetzt (Bortz & Schuster 2010, S. 133; Clauß & Ebner 1979, S. 245 f.).
- Nach vorheriger Prüfung auf Normalverteilung wurde für die Untersuchung nach signifikanten Mittelwertunterschieden bei ordinalskalierten Daten zudem der t-Test verwendet (Bortz 2005, S. 153 f.; Claus & Ebner 1997, S. 240 f.).
- Entscheidungen über Signifikanzen wurden entlang der gängigen Niveaus getroffen ($p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$).

Homogenität der Testaufgaben zum Computational Thinking: Trotz leichter inhaltlicher Unterschiede in Bezug auf einzelne Konzepte sollten insgesamt 12 Testitems der Überprüfung des *Computational Thinking* dienen. Das bedeutet, dass alle Items des Tests inhaltlich ähnlich sein müssen. Eine grobe Beurteilung der Dimensionalität der Items lässt eine Korrelationsmatrix zu (Döring & Bortz 2016, S. 480 und 681). Die mit dem Phi-Koeffizienten (ϕ) bestimmten Zusammenhänge der nominalskalierten dichotomen Variablen für die Testergebnisse zeigt Tabelle 2. Der Koeffizient lässt sich als Maß für die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen interpretieren. Vorzeichen sagen hier anders als bei der Maßkorrelation nicht unbedingt etwas über die Richtung aus, sondern ergeben sich aus der Anordnung der Daten in der Tabelle. Werte für +1/-1 sind für den Phi-Koeffizienten selten. Für die Beurteilung der Werte maßgeblich sind die aus der Tabelle zu ermittelnden Extremwerte (Bortz 2005, S. 228; Claus & Ebner 1979, S. 281). Werte über 0,26 können im vorliegenden Fall bereits als signifikante Zusammenhänge interpretiert werden.

Generell weisen die Daten nach gängiger Interpretation auf kleine bis mittlere Zusammenhänge hin. Die Aufgaben mit grafischen Kodieranweisungen in Anlehnung an Scratch zeigen mit einigen Ausrutschern untereinander die meisten signifikanten Korrelationen. Korrelationen unterschiedlicher Aufgabentypen sind eher selten.

Eine Überprüfung auf Paralleltest-Reliabilität ist trotz der existierenden Aufgabenzwillinge für den Prä- und Posttest wegen der geringen Stichprobe problematisch (Pospeschill 2022, S. 23). Als Maßzahl für die innere Konsistenz der verschiedenen Testitems wurde daher Cronbach's alpha berechnet (Döring & Bortz 2016, S. 468). Es liegt mit $\alpha = 0.669$ knapp unter dem i.d.R. gerade noch als ausreichend betrachteten Grenze von 0.7.

Tab. 2: Interkorrelationen der binären Items zum Computational Thinking

	AP 1.1	AP 2.1	AP 3.1	AP 4.1	AP 1.2	AP 2.2	AP 3.2	AP 4.2	FD 1.1	FD 1.2	AP 5.1	AP 5.2
AP 1.1	1,000											
AP 2.1	0,106	1,000										
AP 3.1	0,369***	0,384***	1,000									
AP 4.1	0,106	0,326***	0,308**	1,000								
AP 1.2	0,215	-0,099	0,255*	0,202	1,000							
AP 2.2	0,239*	0,229	0,151	0,118	-0,017	1,000						
AP 3.2	0,187	0,176	0,299*	0,276*	0,244	0,324**	1,000					
AP 4.2	0,064	0,180	0,157	-0,061	0,078	0,261*	0,040	1,000				
FD 1.1	0,049	0,019	0,072	0,086	0,103	0,036	0,159	0,014	1,000			
FD 1.2	0,234*	0,158	0,206	0,262*	0,189	0,189	0,025	0,004	0,160	1,000		
AP 5.1	0,067	0,164	0,246**	0,231	0,124	0,477***	0,348**	0,160	0,065	-0,009	1,000	
AP 5.2	0,117	0,010	0,053	-0,039	-0,028	0,228	0,123	0,168	0,026	0,251*	0,180	1,000

*p< 0.05; **p<0.01; ***p<0.001

Neben messtechnischen Fehlern könnten die geringen Korrelationen und Maßzahlen durch die Schwächen der Items verursacht worden sein und auf unterschiedliche Traits hinweisen (vgl. Mühl-ling, Ruf & Hubwieser 2015). Denn bei der Messung des *Computational Thinking* existieren spe- zifische Probleme (vgl. Weintrop et al. 2022, S. 93). So sind für die Lösung entsprechender Test- aufgaben nicht ausschließlich allein abstrakte konzeptuelle Fähigkeiten oder Facetten erforderlich. Notwendig ist zum Teil auch inhaltliches Wissen, das sich auf die spezielle technische Situation oder die Symbolik der jeweiligen Programmierumgebung bezieht.

5. Darstellung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

5.1 Stichprobe

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Veranstaltung waren Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums. Es handelt sich daher um eine Gelegenheitsstichprobe, deren Zusammensetzung sich durch äußere Rahmenbedingungen wie regionale Besonderheiten, Schul- art und Gymnasialzweig ergab. Das Durchschnittsalter der Schülerinnen und Schüler betrug 14,5 Jahre.

An der Berufsorientierungsveranstaltung nahmen 90 Schülerinnen und Schüler teil. Von die- sen bearbeiteten 89 den ersten Fragebogen mit Testaufgaben. Krankheitsbedingte Ausfälle und schulorganisatorische Aspekte führten zu einer Reduktion der Schülerinnen und Schüler bei der zweiten Messung. Aufgrund einer Passwortvergabe konnten 65 Fälle einander zugeordnet werden. Die Untersuchung wurde als Eingruppen-Prä-Posttest-Plan angelegt (Döring & Bortz 2016, S. 738). Tabelle 3 zeigt die Geschlechterverteilung der im Jahr 2023 erhobenen Daten.

Eine Frage im Untersuchungsinstrument bezog sich auf das Lieblingsfach der Schülerinnen und Schüler. Die Antworten darauf fielen recht differenziert aus. Mit 15,7 % der Nennungen zum

ersten und 13,8 % zum zweiten Zweitpunkt zählt Mathematik, gefolgt von Kunst mit 14,6 % bzw. 12,3 % und Englisch mit 12,4 % und 13,8 % zu den Favoriten. Das Fach Informatik, das an bayrischen Gymnasien in der 9. Jahrgangsstufen obligatorisch ist, wird zum ersten Messzeitpunkt von 5,6 % und zum zweiten Messzeitpunkt von 6,2 % der Schülerinnen und Schüler als Lieblingsfach angegeben. Aufgrund der geringen Gruppengrößen blieb dieses Merkmal bei der weiteren Datenanalyse unberücksichtigt.

Tab. 3: Verteilung der Geschlechter

Geschlecht - Erhebungszeitpunkt 1				Geschlecht - Erhebungszeitpunkt 2			
		Häufigkeit	Prozente			Häufigkeit	Prozente
Gültig	k.A.	2	2,2	Gültig	k.A.	2	2,2
	männlich	40	44,9		männlich	26	29,2
	weiblich	44	49,4		weiblich	35	39,3
	divers	3	3,4		divers	2	2,2
	fehlend	0	0,0		fehlend	24	27,0
	Gesamt	89	100,0		Gesamt	89	100,0

Die Schülerinnen und Schüler an diesem Gymnasium können unterschiedliche Zweige belegen. Für die 89 Schülerinnen und Schüler, die zum ersten Messzeitpunkt erfasst werden können, zeigt sich folgende Aufteilung: Den naturwissenschaftlich-technologischen Zweig belegen 41,6 % der Schülerinnen und Schüler, den sozialen Zweig 36,0 % und den sprachlichen Zweig 22,5 %. Beim zweiten Messzeitpunkt können von den 65 erfassten Schülerinnen und Schülern 36,9 % dem naturwissenschaftlich-technologischen Zweig, 33,8 % dem sozialwissenschaftlichen und 29,2 % dem sprachlichen Zweig zugerechnet werden.

5.2 Wissen und Verständnis zu digitalen Systemen

Die fortschreitende Digitalisierung aller Lebensbereiche fordert von jedem Einzelnen Kompetenzen im Umgang mit technischen Systemen, Anwendungen und Medieninformationen. Mit jeweils einer Aufgabe im Erhebungsinstrument sollten daher zu beiden Messzeitpunkten die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf technisch mögliche Funktionalitäten für Apps auf Smartphones oder Tablets erhoben werden (CN1.1 und CN1.2). Präsentiert wurde jeweils eine Liste mit unterschiedlichen Funktionen. Zum Messzeitpunkt wurde eine App für personalisierte Romane, zum Messzeitpunkt 2 eine Gesundheitsapp für Krankenkassen beschrieben. Alle der 13 jeweils in den Aufgaben beschriebenen Funktionen sind theoretisch möglich. Der Mittelwert für die von den Jugendlichen als richtig erkannten Funktionen lag zum ersten Messzeitpunkt bei $M_{MP1} = 5,4$ ($N_{MP1} = 89$; $SD_{MP1} = 2,588$), beim zweiten Messzeitpunkt bei $M_{MP2} = 5,03$ ($N_{MP2} = 65$; $SD_{MP2} = 2,43$). Bei annähernd Normalverteilung der Daten wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt, der keine signifikanten Unterschiede der Daten für beide Messzeitpunkte aufwies. Das gilt gleichermaßen sowohl für eine geschlechtshomogene Untersuchung der Daten beider Messzeitpunkte als auch für einen Vergleich der Geschlechter für jeweils einen Termin. Auch zwischen den Angehörigen der einzelnen Gymnasialzweige lassen sich trotz leichter Abweichungen bei den Werten zum zweiten Messzeitpunkt keine Signifikanzen feststellen.

Bemerkenswert in Zusammenhang mit der Analyse der Daten ist vor allem die Stabilität der Einschätzungen. Weder die praktische Auseinandersetzung mit Algorithmen, Sensoren, mecha-

tronischen Systemen und Künstlicher Intelligenz, noch die sich an die Arbeit an den Lernstationen anschließende Reflexion über Einsatzmöglichkeiten der digitalen Technologien konnten anscheinend am Wissensumfang über digitale Systeme etwas ändern.

5.3 Erfahrung mit Programmieren/Coden

An beiden Terminen wurde mit einer einfachen ja/nein-Frage nach der Erfahrung der Schülerinnen und Schüler mit dem Coding oder Programmieren gefragt. Mit 57 % zu 43 % zeigt sich nur in der Gruppe der Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlich-technischen Zweigs zum ersten Messzeitpunkt ein Übergewicht bei denen, die sich Programmiererfahrung zuschreiben. Zum zweiten Messzeitpunkt wächst der Anteil der Gymnasiasten, die die Frage bejahen. Der Veränderungstest nach McNemar für verbundene Stichproben zeigt einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$). Der prozentuale Anteil derer, die sich nun einen Zuwachs an Programmiererfahrung zurechnen, ist in jeder Schülergruppe der verschiedenen Gymnasialzweige angestiegen. Eine nach Geschlechtern getrennte Untersuchung der Daten über die zwei Messzeitpunkte hinweg weist keine Überzufälligkeiten auf. Ebenfalls keine Signifikanzen lässt die Analyse des Vergleichs der Geschlechter zu den einzelnen Messzeitpunkten erkennen.

5.4 Techniksicherheit

Studien zu Maßnahmen für Schülerinnen und Schüler im MINT-Bereich konzentrieren sich zu meist auf Interessen und Selbstkonzeptentwicklung der Besuchergruppen (vgl. Mohr 2022, S. 33). Auch im Zuge der hier vorgestellten Untersuchung sollten technikbezogene Einstellungen und mögliche Veränderungen infolge der Veranstaltung erhoben werden. Mittels einer fünfstufigen Lickertskala konnten die Schülerinnen und Schüler ihrer Zustimmung zur Aussage „Ich fühle mich sicher im Umgang mit Technik“ Ausdruck verleihen. Die annähernd normalverteilten Daten bei der Messzeitpunkte zur Techniksicherheit zeigen generell keine relevanten Unterschiede bei den Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler ($M_{MP1} = 3,09$; $N_{MP1} = 89$; $SD_{MP1} = 0,991$; $M_{MP2} = 3,14$; $N_{MP2} = 65$; $SD_{MP2} = 0,726$). Die Analyse der Mittelwerte der Einschätzungen der Jungen deutet ebenfalls auf keine relevanten Unterschiede hin. Der Mittelwert liegt bei der ersten Messung bei $M_{MP1} = 3,63$ ($N_{MP1} = 40$; $SD_{MP1} = 1,005$), beim zweiten Messzeitpunkt bei $M_{MP2} = 3,41$ ($N_{MP2} = 27$; $SD_{MP2} = 0,888$). Anders bei den Mädchen. Hier zeigt sich ein signifikanter Anstieg beim Niveau der Einschätzungen $p < 0,001$ (Messzeitpunkt 1: $M_{MP1} = 2,66$, $N_{MP1} = 44$, $SD_{MP1} = 0,745$; Messzeitpunkt 2: $M_{MP2} = 3,0$, $N_{MP2} = 35$, $SD_{MP2} = 0,485$).

Im direkten Vergleich der insgesamt geschlechtlich gruppierten Daten existieren zum Messzeitpunkt 1 hochsignifikante ($N_{m MP1} = 40$; $M_{m MP1} = 3,63$; $SD_{m MP1} = 1,005$; $N_{w MP1} = 44$; $M_{w MP1} = 2,66$, $SD_{w MP1} = 0,745$; $p < 0,001$), zum Messzeitpunkt 2 signifikante Unterschiede ($N_{m MP2} = 27$; $M_{m MP2} = 3,41$; $SD_{m MP2} = 0,888$; $N_{w MP2} = 35$; $M_{w MP2} = 3,00$, $SD_{w MP2} = 0,485$; $p < 0,01$). Mittelwerte und Mediane nehmen für die Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlich-technologischen Zweiges zu beiden Zeitpunkten die höchsten Werte ein ($M_{MP1} = 3,46$; $MD_{MP1} = 3,52$; $M_{MP2} = 3,48$; $MD_{MP2} = 3,48$), gefolgt von den Schülerinnen und Schülern des sprachlichen Zweiges ($M_{MP1} = 2,90$; $MD_{MP1} = 2,93$; $M_{MP2} = 2,95$; $MD_{MP2} = 3,0$) und des sozialwissenschaftlichen Zweiges ($M_{MP1} = 2,75$; $MD_{MP1} = 2,65$; $M_{MP2} = 2,96$; $MD_{MP2} = 2,94$).

Die Werte für die allerdings mit nur einem Item erhobene Techniksicherheit weisen starke Parallelen zu denjenigen anderer Studien auf. Die geschlechtsspezifischen Werte decken sich mit

denjenigen anderer Untersuchungen zum Fähigkeitsselbstkonzept (FSK) im Bereich Technik (vgl. Mohr 2022, S. 168; Jacobs & Ziefele 2009). Die festgestellte geschlechtliche Diskrepanz in Bezug auf das Selbstbewusstsein gegenüber der Technik ist ein Anstoß, in den Bemühungen nicht nachzulassen, Mädchen und Frauen eine Exploration ihrer Potenziale in motivierenden Lernumgebungen zu ermöglichen.

Hartkopf und Buch (2017, S. 88 f.) resümieren nach einer Analyse vorhandener Studien im Kontext der Berufsorientierung, dass der Besuch von Schülerlaboren allenfalls zu kurzfristigen Effekten hinsichtlich des Fähigkeitsselbstkonzepts und der Fachinteressen führt. Außerdem konstatieren sie, dass sich Fachinteressen anscheinend nur schwer durch solche Formate fördern lassen. Das gilt zwar für beide Geschlechter, aber in Abhängigkeit von Domäne und Anbieter in unterschiedlicher Weise. Auch die vorliegenden Daten lassen einen grundsätzlichen signifikanten Unterschied der Einschätzungen zwischen Vor- und Nachtest nicht erkennen

Dass sich aus den erhobenen Daten ein signifikanter Anstieg der Einschätzungen bei den Schülerinnen feststellen lässt, soll hier erwähnt, aber nicht überbewertet werden. Ob zu diesem Anstieg tatsächlich die etwa zwei Stunden dauernde Veranstaltung beigetragen hat, muss aufgrund versuchsplantechnischer und anderer Gründe kritisch gesehen werden. Die Abfrage über ein Einzelitem ist fehleranfällig. Zudem können im Nachgang zu der Veranstaltung zahlreiche externe Einflüsse die Einschätzung beeinflusst haben. Die Daten sind jedoch zumindest eine Anregung, den Zusammenhang zwischen praktischen Erfahrungen an Lernstationen und technikbezogenen Einstellungen gerade mit Blick auf geschlechtliche Differenzen zukünftig noch stärker in den Blick zu nehmen.

Die hohe Zustimmung aller Schülerinnen und Schüler im Nachgang der Veranstaltung zur Aussage „Ich kann mir jetzt besser vorstellen, was Digitalisierung in der Arbeitswelt bedeutet“, soll hier ebenfalls nicht überbewertet werden. Ein positives Teilnehmerfeedback für derartige Veranstaltungen ist eher die Regel, als die Ausnahme (vgl. Rahn, Hartkopf & Buch 2017, S. 88). Das Votum kann aber zumindest als Beleg dafür gelten, dass junge Heranwachsende solche Lerngelegenheiten positiv beurteilen, die in Komplexität und Umfang reduzierte Zugangsmöglichkeiten zu aktuellen beruflichen Entwicklungen ermöglichen.

5.5 Interesse an den Lernstationen

Die Untersuchung in Zusammenhang mit der Veranstaltung für Schülerinnen und Schüler erfolgte u. a. mit dem Ziel, zukünftige Angebote im iLab@KU noch stärker an den Interessen der jeweiligen Zielgruppe auszurichten. Mit Blick auf das Design weiterer Veranstaltungen, Lernstationen und Aufgaben wurde daher danach gefragt, welche Lernstation den Schülerinnen und Schülern bei der Veranstaltung am besten gefallen hat.

Generell fand die Station mit dem Roboter mBot Ranger den größten Anklang. Dabei ging es um die Programmierung einer Besucherzahlkontrolle über einen Abstandssensor. Dieses Votum basiert allerdings sehr stark auf den Urteilen der Schülerinnen. Den meisten Gefallen finden die männlichen Schüler dagegen anscheinend an der KI-Station, bei der ein Modell trainiert sowie ein Algorithmus zur Kontrolle der richtigen Befüllung einer Pralinenschachtel erstellt werden sollte.

Inwiefern diese Ratings tatsächlich auf inhaltliche Vorlieben hinweisen, die es bei der Vorbereitung ähnlicher Veranstaltungen möglicherweise stärker zu beachten gilt, kann hier nicht mit Sicherheit gesagt werden. Für die Optimierung berufsorientierender Veranstaltungen ist eine stärkere, an den Interessen der jeweiligen Zielgruppe ausgerichtete thematische Orientierung aber wohl in jedem Fall lohnend.

5.6 Computational Thinking und technisches Problemlösen

Die Aufgabenpaare im Prä- und Posttest zum technischen Problemlösen bzw. zum *Computational Thinking* (CT) unterscheiden sich hinsichtlich der Aufgabenart und der Lösungsrepräsentationen. Alle Aufgaben gemeinsam sind dagegen die bildliche Darstellung einer speziellen Situation, eine kurze textuelle Beschreibung der Situation sowie ein Angebot an mehreren Lösungen, aus denen eine auszuwählen ist.

Lösungsquoten und Ergebnisse der Aufgabenpaare: Beim Aufgabenpaar AP1.1/AP1.2 geht es jeweils um ein fahrerloses Transportsystem, für das der richtige Ablaufalgorithmus aus verschiedenen sprachlich formulierten Lösungen ausgewählt werden soll (s. Tabelle 1). Dazu muss die Aufgabe zerlegt (*decomposition*) und gedanklich mit einer vorhandenen Lösung abgeglichen werden (*evaluation*). Die Aufgabe wurde gewählt, da sich die Schülerinnen und Schüler in der Veranstaltung mit einem ähnlichen Problem, nämlich der sequenziellen Abstimmung von Ablaufschritten verschiedener mechatronischer Bauteile an einem Förderband beschäftigen sollten. Die Itemschwierigkeit der Aufgabe lag mit 62,9 % zum ersten Messzeitpunkt in einem moderaten Bereich (vgl. Döring & Bortz 2016, S. 477). Obwohl nur leicht variiert, zeigt die Lösungshäufigkeit zum Messzeitpunkt 2 signifikant nach unten ($p = 0,021$). Nachdem annähernd das gleiche Ergebnis bereits bei der ersten Untersuchung im Jahr 2022 festzustellen war, wurde die Aufgabe im Aufgabensatz sprachlich leicht modifiziert. Die Ergebnisse blieben tendenziell jedoch auch im zweiten Jahr dieselben. Ein Vergleich geschlechterhomogener Daten über die beiden Messzeitpunkte hinweg weist für die Mädchen keine, jedoch für die Jungen eine signifikante Veränderung zu Fehlern auf ($p = 0,021$). Ein nach Geschlechtern vorgenommener direkter Vergleich der Daten beider Messzeitpunkte lässt keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Schülerinnen und Schüler aus dem naturwissenschaftlich-technologischen Zweig können mit jeweils knapp über 50 % die meisten der richtigen Lösungen für sich verbuchen.

Der Schwerpunkt des Aufgabenpaares AP5.1/AP5.2 lag ebenfalls auf der Identifizierung einer effektiven Problemlösung, bei der CT-Facetten wie *algorithmic thinking*, *decomposition* und *evaluation* eine Rolle spielen. Inhaltlich variierten die Aufgaben AP5.1 und AP5.2. Während es bei AP5.1 um die möglichst effektive Suche nach dem Fehler für einen erkalteten Heizkörper geht, soll bei Aufgabe AP5.2 in wenigen Schritten ein hoher Stromverbraucher ermittelt werden. Die Idee hinter beiden Aufgaben ist, die Schülerinnen und Schüler zu veranlassen, vorgegebene Lösungen gedanklich nach dem jeweiligen Lösungsaufwand zu analysieren bzw. in Bezug auf die Effektivität zu bewerten. Bereits in der Vorstudie aus dem Jahr 2022 zeigte sich eine Verschiebung der Entscheidungen zu Gunsten falscher Lösungen zwischen AP5.1 und AP5.2. Für die Untersuchung in 2023 wurden daher beide Aufgaben sprachlich etwas überarbeitet. Obwohl eine effektive Lösung in beiden Fällen auf eine Zerlegung des Problems in kleinere gleichartige Teillösungen hinausläuft, änderte sich an den Lösungstendenzen nichts. Die Ursache für die geringe Lösungsquote bei AP5.2 könnte in der inhaltlichen Nähe von zwei der drei Antwortvorgaben liegen. Als weitere Ursache kommen inhaltliche oder motivationale Gründe in Zusammenhang mit der Aufgabenstellung in Betracht. Die Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlich-technologischen Zweigs sind bei 5.1 mit einem Anteil von 49,1 % der richtigen Lösungen vertreten. Ihr Anteil an den richtigen Lösungen liegt bei 5.2 nur mehr bei 35,3 %. Mit 32 % bis 35 % Anteilen an den richtigen Lösungen für die Aufgabe 5.2 sind alle drei Gymnasialzweige relativ gleichmäßig vertreten. Probleme mit der Aufgabe 5.1 haben Schülerinnen und Schüler des sozialwissenschaftlichen Zweiges. Ihr Anteil bei den falschen Lösungen liegt bei 5.1 bei 50 %, bei 5.2 bei 43,8 %.

Ein Vergleich der Vorher-nachher-Daten, getrennt nach Geschlechtern, weist keine Überzufälligkeiten auf. Signifikante geschlechtliche Unterschiede der Daten für die jeweiligen Messzeitpunkte lassen sich ebenfalls nicht feststellen.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Aufgabenpaare AP2.x bis AP4.x lagen beim algorithmischen Denken, der gedanklichen Zergliederung eines Programmablaufs und der Beurteilung vorgegebener Lösungen. Die dargestellten Ausgangssituationen nehmen u. a. Anleihen an Computerspielen und sind weniger „technisch“ als bei den bisher geschilderten Aufgaben. Die grafische Darstellung der vorgegebenen Codelösungen orientiert sich an den Programmsymbolen von Scratch. Mit Ausnahme der Aufgabe 3.2 zeigen sich relativ hohe Lösungsquoten. Die Lösungsquote der Aufgabe AP2.1 mit über 86 % deutet auf eine geringe Schwierigkeit hin. Mit über einem Viertel falscher Lösungen weist AP2.1 dann eine eher wieder moderate Schwierigkeit auf. Das Ergebnis ist insofern bemerkenswert, als es sich bei AP2.2 fast um gleiche Aufgabenstellungen wie beim ersten Messzeitpunkt handelt und die gleiche Aufgabenstellung im Vorjahr mit unwesentlichen Veränderungen zu beiden Messzeitpunkten durchgeführt wurde. Die Abnahme richtiger Lösungen nach der zweiten Messung ist signifikant ($p = 0,013$). Es sind hier die Jungen, bei denen eine überzufällige Abnahme der Lösungshäufigkeiten festgestellt werden kann ($N = 21$; $p = 0,027$). Geschlechtliche Unterschiede bei dieser Aufgabe können zu keinem der beiden Messzeitpunkte konstatiert werden. Mit 44,2 % zum Messzeitpunkt 1 und 40,4 % bei der zweiten Messung haben die Schülerinnen und Schüler aus dem naturwissenschaftlich-technologischen Zweig wieder den größten Anteil an den richtigen Lösungen. Mit 50 % zum ersten und 38,9 % zum zweiten Messzeitpunkt ist der Anteil bei den falschen Lösungen bei den Schülerinnen und Schülern aus dem sozialwissenschaftlichen Zweig am höchsten. Die Unterschiede der Daten beider Messzeitpunkte für die Aufgaben AP3.1 und AP3.2 sind ebenfalls signifikant ($N = 65$; $p = 0,003$). Im Gegensatz zu den vorgegebenen Lösungsmöglichkeiten bei AP3.1 wurde in die Scratchblöcke bei AP3.2 eine wenn-dann-Bedingung und ein Operator mit Parameter eingebaut. Die Gründe für die Unterschiede zwischen den Lösungshäufigkeiten des Aufgabenpaares könnten daher in einer leichten Niveauanhebung der Aufgabenschwierigkeit zu finden sein, wenn es nicht wieder vorrangig die Jungen wären, bei denen eine Ablehnung der Nullhypothese angezeigt ist ($N = 27$; $p < 0,001$). Ein direkter Vergleich der nach Geschlechtern gruppierten Daten zeigt zu keinem der beiden Messzeitpunkte signifikante Unterschiede. Die prozentualen Anteile der Schülerinnen und Schüler bei den richtigen und falschen Lösungen entsprechen den vorangegangenen Ergebnissen. Angehörige des naturwissenschaftlich-technologischen Zweiges verbuchen bei AP3.1 50,07 % der richtigen Lösungen. Angehörige des sozialwissenschaftlichen Zweiges 59,10 % der falschen Lösungen. Bei AP3.2 liegt der Anteil an den richtigen Lösungen der Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlich-technologischen Zweiges bei 48,6 %, der Anteil der Schülerinnen und Schüler des sozialwissenschaftlichen Bereichs an den falschen Lösungen bei 46,7 %. Auch die Aufgaben AP4.1 und AP4.2 wurden unverändert wie im Vorjahr gestellt. Signifikante Veränderungen können nicht festgestellt werden. Die Aufgaben des Aufgabenpaares sind vom Niveau her gleich. Im Unterschied zu den beiden vorher besprochenen Aufgaben war hier nicht ein richtiger Codeblock aus mehreren Variationen, sondern ein sprachlich formulierter Fehler für einen sowohl als Codeblock als auch als Zeichnung dargestellten Sachverhalt auszuwählen. Mit beiden Aufgaben kamen die Schülerinnen und Schüler insgesamt gut zurecht. Geschlechtliche Unterschiede geben die Daten nicht her. Mit Blick auf anerkannte Wertebereiche zur Einordnung der Itemschwierigkeit ist die Aufgabe wohl etwas zu einfach. In Bezug auf die Anteile der Schülerinnen und Schüler verschiedener Gymnasialzweige bleibt es im Wesentlichen bei den vorher bereits konstatierten Verhältnisse, wenngleich die Unterschiede diesmal nicht so hoch ausfallen. Prozentual den höchsten Anteil an den richtigen Lösungen verbuchen mit 42,9 % wieder die Schülerinnen und Schüler des

naturwissenschaftlich-technischen Zweiges. Mit 41,7 % haben die Schülerinnen und Schüler des sozialwissenschaftlichen Zweiges wieder den größten Anteil an den falschen Antworten.

Die Nullhypothese in Bezug auf Veränderungen beibehalten werden kann auch beim Aufgabenpaar FD1.1 und FD1.2, bei dem es um die Zuordnung eines Flussdiagramms zu einer bildlich und textuell vorgestellten Situation ging (s. Ab. 2). Aufgrund der Werte für die Itemschwierigkeiten mit 60,7 % richtiger Lösungen zum ersten und 64,6 % richtiger Lösungen zum zweiten Zeitpunkt können die Aufgaben als moderat eingestuft werden. Der durch die Integration eines weiteren Programmschritts beabsichtigte leichte Anstieg der Komplexität bei den drei vorgegebenen Lösungsmöglichkeiten bei FD1.2 macht sich nicht bemerkbar. Geschlechtliche Unterschiede können nicht festgestellt werden. Im Gegensatz zu den Aufgaben davor, zeigen sich die Schülerinnen und Schüler der verschiedenen Gymnasialzweige zumindest zum ersten Messzeitpunkt relativ homogen, was richtige und falsche Antworten anbelangt. Erst die prozentualen Anteile an richtigen und falschen Lösungen bei der Aufgabe zum zweiten Messzeitpunkt lassen wieder das bereits bei den anderen Aufgaben festgestellte Bild erkennen, nämlich eine Dominanz der Schülerinnen und Schüler aus dem naturwissenschaftlich-technologischen Zweig bei den richtigen Antworten (40,5 %) und ein Übergewicht der Schülerinnen und Schüler des sozialwissenschaftlichen Zweiges bei den falschen Antworten (43,5 %).

Effekte der Veranstaltung in Bezug auf CT-Facetten: Obwohl zum zweiten Messzeitpunkt, also im Nachgang zu der berufsorientierenden Veranstaltung, ein signifikanter Anstieg bei den Selbsteinschätzungen der Schülerinnen und Schüler zu Erfahrungen mit Coden/Programmieren zu verzeichnen ist, weisen die Ergebnisse bei den Testaufgaben in eine andere Richtung. Eine Veränderung hin zu besseren Ergebnissen im Post-Test kann bei keiner der Aufgaben konstatiert werden. Im Gegenteil, generell sinken die Quoten richtiger Lösungen bei allen Aufgabentypen zum zweiten Messzeitpunkt ab. Zum Teil sind die Unterschiede signifikant bis höchst signifikant. Über die Gründe, warum die Daten vor allem für die männlichen Schüler signifikante Tendenzverschiebungen in eine ungünstige Richtung ausweisen, kann allenfalls spekuliert werden. Die Ergebnisse der Schülerinnen bleiben weitestgehend konstant. Bei zwei Aufgaben (AP1.2 und 5.2) liegen die Veränderungen möglicherweise an den Aufgabenstellungen selbst. Sie müssen bei einem neuerlichen Test mit diesem Instrument überarbeitet werden. Durch die Bearbeitung ähnlicher Aufgaben wie zum 1. Messzeitpunkt könnte es zu einer Abnahme der Motivation gekommen sein. Auf mangelnde Testmotivation deuten etliche fehlende Werte zum zweiten Messzeitpunkt hin. Möglicherweise könnte eine positivere Entwicklung bei den erhobenen Konstrukten dann erreicht werden, wenn das außerschulische Lernangebot enger mit schulischen Lernprozessen verzahnt (Rahn, Hartkopf & Buch 2017, S. 91; Ohlemann 2021, S. 236) und über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden würde (National Academies of Sciences 2021, S. 66). Zu berücksichtigen ist allerdings auch, dass Erkenntnisse über das Ausmaß von Problemlösefähigkeiten im Kontext des CT nicht allein mit Testaufgaben gleichen Typs gewonnen werden können (vgl. Román-González et al. 2022).

Gruppenunterschiede bei den Aufgaben mit CT-Facetten: Generelle geschlechtliche Unterschiede in Bezug auf die Aufgabenlösungen zum *Computational Thinking* lassen sich nicht feststellen. Damit schreiben die Daten die uneinheitlichen Ergebnisse fort, die verschiedene Studien mit ähnlicher Zielrichtung aufweisen (vgl. Eickelmann et al. 2019, S. 378). Unterschiedlich verteilt sind allerdings die Lösungsquoten entlang der Zugehörigkeit zu verschiedenen Gymnasialzweigen. Prozentual mit Abstand die höchste Lösungsquote verbuchen mit 40 % bis über 50 % Anteile an den richtigen Lösungen die Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlich-technologischen

Gymnasialzweiges. Die größten Anteile an den falschen Lösungen weisen im Vergleich zu den anderen Gruppen die Schülerinnen und Schülern des sozialwissenschaftlichen Zweiges auf. Allerdings kommen sie im Vergleich zu den Angehörigen des sprachlichen Zweiges bei den richtigen Lösungen prozentual oftmals auf den zweiten Platz. Die Anteile der Schülerinnen und Schüler des sprachlichen Zweiges sowohl an den richtigen wie an den falschen Lösungen liegen mit einigen Ausreißern relativ konstant zwischen einem Viertel und einem Drittel.

Die ungleichen Lösungsquoten könnten u. a. auf Schwierigkeiten bei der Erfassung der Sachverhalte sowie auf Schwierigkeiten bei der Deutung der Repräsentationsformen von Algorithmen hinweisen. So weisen die Aufgaben, die symbolisch der Programmierumgebung Scratch nachempfunden sind, höhere Lösungsquoten auf, als diejenigen, bei denen Flussdiagramme verwendet wurden oder bei denen die Abläufe sprachlich formuliert und mit fachsprachlichen Begriffen versehen sind. Die Konsequenz aus den teils recht ungleich verteilten Lösungsquoten könnte eine zielgruppenorientierte Auswahl der Aufgaben sowie eine nach Fähigkeitsniveaus gestaffelte Unterstützung für die Arbeit an den Lernstationen sein.

5.7 Anforderungen der Testaufgaben und Folgerungen für Aufgaben an den Lernstationen

Eine Intention der begleitenden Evaluation war, über die Ergebnisse der Testaufgaben Rückschlüsse für das Redesign der Aufgaben an den Lernstationen zu ziehen. Die Testaufgaben orientierten sich daher konzeptionell an den Anforderungen der an den Lernstationen zu lösenden Aufgaben. Ziel war es vor allem, Hinweise zu erhalten, ob die Schülerinnen und Schüler mit der Art der Problemstellungen und den algorithmischen Konzepten sowie mit der Handhabung graphischer Programmiersymbole zurechtkommen. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag daher auf der Erhebung des Status sowie möglicher Zuwächse bei den Fähigkeiten, die sich mit dem Konstrukt *Computational Thinking* beschreiben lassen.

Aufgabenschwierigkeit: Hinweise auf mögliche Probleme der Schülerinnen und Schüler mit den Aufgabenformaten an den Lernstationen liefern die Lösungsquoten der im Untersuchungsinstrument gestellten Aufgaben. Die Aufgabenschwierigkeit als Lösungsquote bezieht sich auf den Prozentsatz der Personen, die eine bestimmte Aufgabe richtig lösen. Sie gibt an, wie schwierig eine Aufgabe für die Testteilnehmer ist. Eine hohe Lösungsquote bedeutet, dass die Aufgabe relativ einfach ist, da viele Teilnehmer sie korrekt beantworten können. Tabelle 4 zeigt die Lösungsquoten im Überblick. Diese deuten auf eher geringe bis moderate Schwierigkeiten hin (vgl. Hasselhorn & Gold 2013, S. 395).

Aufgrund der Parallelität der algorithmischen Konzepte zwischen den Testaufgaben und den Aufgaben an den Lernstationen lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass die Programmieraufgaben an den Lernstationen grundsätzlich keine Überforderung der Schülerinnen und Schülern in dieser Altersklasse darstellen.

Tab. 4: Lösungsquoten und Item-Schwierigkeiten der Aufgaben zum grafischen Programmieren

Aufgabe	Algorithmic concepts/constructs	Lösungsquote	Trennschärfe	Item-Schwierigkeit θ	s.e. (Standardfehler)
AP_1.1 Fahrerloses Transportsystem	Sequenzierung von Befehlen, wenn-dann-Bedingungen,	62,9	0,337	-,630	,269
AP_1.2 Fahrerloses Transportsystem	Sequenzierung von Befehlen wenn-dann-Bedingungen	42,1	0,245	,363	,297
AP_2.1 Paceman fängt Geist	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen	86,5	0,92	-2,159	,420
AP_2.2 Paceman fängt Geist	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen	72,3	0,455	-1,095	,342
AP_3.1 Paceman fängt Geist	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen	75,3	0,451	-1,315	,318
AP_3.2 Auto umfährt Hindernisse	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen, Ver- wendung von Operatoren und Setzen von Bedingungen	53,8	0,427	-,151	,293
AP_4.1 Stift zeichnet Quadrat	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen	86,5	0,386	-2,159	,420
AP_4.2 Stift zeichnet Kreis	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen	78,5	0,201	-1,476	,380
AP_5.1 Fehlersuche Heizung	Problemreduktion, Aufrechnen von Lösungsschritten	61,8	0,358	-,574	,266
AP_5.2 Stromverbrau- cher ermitteln	Problemreduktion, Aufrechnen von Lösungsschritten	32,3	0,193	-,047	,291
FD_1.1 Transportband 1	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen, Ver- wendung von Operatoren und Setzen von Bedingungen	60,7	0,113	-,518	,263
FD_1.2 Transportband 2	Sequenzierung von Befehlen, Anordnung von Schleifen, Ver- wendung von Operatoren und Setzen von Bedingungen	64,6	0,328	-,679	,311

Als weiteres Maß für die Analyse von Aufgaben bzw. Items eines Tests gilt die Trennschärfe r_{it} . Sie ist definiert als die Korrelation einzelner Itemwerte mit dem Testwert sämtlicher Items eines Tests. Die Trennschärfe kann als Maß interpretiert werden, inwieweit die Differenzierung durch das Item in erfolgreiche und erfolglose Testpersonen mit der Differenzierung durch den Test übereinstimmt (Pospeschill & Spinath 2009, S. 54). Der üblicherweise für diese Funktion eines Items noch akzeptable Wert von $r_{it} > 0.3$ wird bei den Items AP 2.1, FD 1.1, AP 1.2, AP 4.2 und AP 5.2 unterschritten. Das ist wohl in erster Linie eine Folge der geringen Homogenität der Items. Für tatsächliche Testzwecke müssten die Items daher verändert werden (vgl. Pospeschill 2022).

Eine Analysemöglichkeit, die den Schwierigkeitsgrad eines Items in einem Test zusätzlich quantifiziert, bietet die Item-Response-Theorie (IRT). Nach dieser Theorie ist die Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Antwort auf ein einzelnes Item von Merkmalen des Items (Item-Parameter) und latenten Merkmalen der Person (Personen-Parameter) abhängig (Döring & Bortz 2016, S. 461). Ein Modell des IRT-Ansatzes ist das Rasch-Modell. Es lässt sich bei Fähigkeits- und Leistungstests mit dichotomem Auswertungsschema anwenden und basiert auf einer logistischen Funktion mit S-förmigem Verlauf. Auf der Y-Achse stehen die Lösungswahrscheinlichkeiten der Items von 0 bis 1 bzw. 0% bis 100%. Auf der X-Achse wird die Ausprägung des latenten Merkmals bzw. des Personenparameters abgetragen.

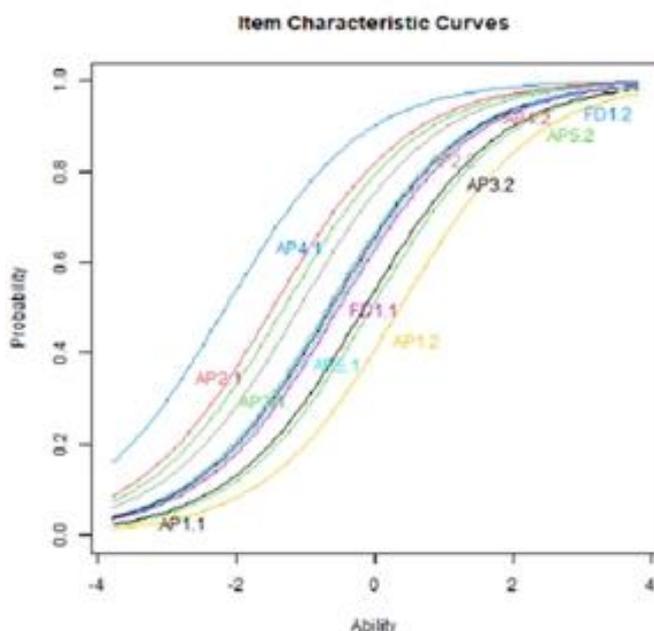


Abb. 3: Item Characteristic Curves der Aufgaben aus Prä- und Posttest

Je größer die Fähigkeitsausprägung im Vergleich zur Itemschwierigkeit ist, desto wahrscheinlicher ist die positive Bewältigung der gestellten Aufgabe. Je stärker die Personenfähigkeit hinter der Itemschwierigkeit zurückbleibt, desto weniger wahrscheinlich ist die Lösung des Items. Eine Person mit geringer Fähigkeit kann die Items mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit lösen, eine Person mit hoher Fähigkeit dagegen hat eine hohe Lösungswahrscheinlichkeit. Eine Person mit dem Personenparameter θ weist eine mittlere Merkmalsausprägung auf und hat somit eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit, wenn die Itemschwierigkeit ebenfalls im mittleren Bereich liegt (Döring & Bortz 2016, S. 484).

Gemäß den Annahmen des Modells kann von den in einem Test abgegebenen Antworten auf die latente Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler und auf die Schwierigkeit der Testaufgaben geschlossen werden (Sälzer 2016, S. 58). Während die Aufgabenschwierigkeit als Lösungsquote den Anteil der Personen angibt, die eine Aufgabe richtig lösen, lässt sich mit der Itemschwierigkeit θ nach dem Rasch-Modell daher auch der Schwierigkeitsgrad eines Items relativ zur Fähigkeit der Teilnehmer quantifizieren. Das Modell bietet eine Möglichkeit, die Aufgabenschwierigkeit zu kontrollieren bzw. Aufgaben zusammenzustellen, die auf ein latentes Merkmal (trait) schließen

lassen. Auf der Basis des dichotomen logistischen Modells können Personenparameter (Fähigkeiten) und Aufgaben-/Itemparameter (Schwierigkeiten) ermittelt werden.

Bei dichotomen Items lässt sich pro Item eine itemcharakteristische Kurve (ICC) berechnen. Die Lokation einer solchen Kurve drückt demnach die Schwierigkeit des jeweils zugehörigen Items aus. Abbildung 3 zeigt die Kurven für alle Aufgaben aus dem Prä- und Posttest. Die nach rechts verschobenen Kurven der Items weisen auf höhere Schwierigkeiten der Aufgaben hin. Die Interpretation der Kurven deutet darauf hin, dass Personen mit mittlerer Fähigkeitsausprägung alle eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit haben, die Aufgaben zu lösen. Die Aufgabe 4.1 fällt aus dem Raster. Das lässt sich so interpretieren, dass entsprechende Aufgabentypen zu leicht sind.

6 Zusammenfassung und Fazit

Am iLab@KU, einer Einrichtung zur Ausbildung von Lehramtsstudierenden, können an verschiedenen Lernstationen MINT-Themen erarbeitet werden. Ein Teil der Lernstationen kam bei einer Veranstaltung für Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Berufsorientierungswoche ihres Gymnasiums zum Einsatz. Thematisch bezog sich die Veranstaltung auf verschiedene Anwendungsbereiche digitaler Technologien in der Arbeitswelt. Die Heranwachsenden bearbeiteten exemplarisch ausgewählte berufsnahe Aufgaben mit konkreten technischen Problemstellungen und setzten die Lösungen an funktionsfähigen Modellen um. Der Prozess wurde durch studentisches Betreuungspersonal moderiert und mit analogen und digitalen Lernmaterialien unterstützt. Der Schwerpunkt der Lernstationenarbeit lag im Bereich des technischen Problemlösens, des algorithmischen Denkens und des Programmierens, also solcher Kompetenzfacetten, die aktuell unter dem Begriff *Computational Thinking* zusammengefasst werden.

Eine formativ durchgeführte Evaluation im Prä-Post-Design sollte sowohl Erkenntnisse im Hinblick auf die Veranstaltung als auch in Bezug auf die Weiterentwicklung des Angebots im iLab@KU liefern. Das vorrangige Ziel der Untersuchung war, die Bandbreite möglicher Formate und Schwierigkeitsgrade von Aufgaben auszuloten, die eine für Schülerinnen und Schüler motivierende Veranstaltung erwarten lassen. Weiter sollte die Untersuchung Aufschluss darüber geben, ob das Veranstaltungsformat einen Beitrag zum Verständnisaufbau für Digitalisierungsprozesse in der Arbeitswelt leisten kann und evtl. sogar zu einem Zuwachs an technologie- bzw. computerbezogener Problemlösekompetenz führt. Die Daten der ersten Messung wurden vor der Veranstaltung mit den Schülerinnen und Schülern gewonnen und sollten vorrangig Hinweise zu Vorkenntnissen und technikbezogenen Einstellungen liefern. Durch ähnliche Fragen und Testaufgaben im Nachgang der Veranstaltung sollten zudem mögliche Effekte der Maßnahme festgestellt werden. Um die Ergebnisse aus den Testaufgaben auf die Aufgaben an den Lernstationen beziehen zu können, wiesen sie inhaltliche und konzeptuelle Parallelen auf.

Aufgrund des Untersuchungsdesigns und der damit verbundenen beschränkten Validität des Testinstruments lassen sich empirisch keine eindeutigen Effekte ableiten. Bei den erzielten Ergebnissen handelt es sich daher eher um Momentaufnahmen, die in ihren deskriptiven Anteilen jedoch durchaus Erkenntnisse hinsichtlich der Aufgabenangemessenheit und Zielgruppenkonformität der den Lernstationen zugeordneten Aufgabenformate zulassen.

In Entsprechung der Probleme, die die Schülerinnen und Schüler an den Lernstationen bearbeiten sollten, nahmen Aufgaben zum technischen Problemlösen bzw. zum Konstrukt *Computational Thinking* in dem zu beiden Messzeitpunkten verwendeten Untersuchungsinstrument einen breiten Raum ein. Wenig Schwierigkeiten, darauf deuten die Ergebnisse der Testaufgaben hin, bereitet den Schülerinnen und Schülern die Umsetzung einfacher algorithmischer Konzepte wie

das logische Sequenzieren von Befehlen, die Kontrolle von Prozessen durch Schleifen oder das Setzen von Bedingungen. Besonders die Aufgaben, die symbolisch den Programmbefehlen der grafischen Programmierumgebung Scratch nachempfunden sind, können hohe Lösungsquoten für sich verbuchen. Hier spielen wohl auch Vorkenntnisse aus den seit geraumer Zeit an bayerischen Gymnasien verpflichtenden Inhalten des Faches Natur und Technik in der 7. Jahrgangsstufe eine Rolle. Bereits eine leichte Erhöhung der Komplexität der Aufgaben oder der notwendige Rückgriff auf komplexere Problemlösungsverfahren führt aber anscheinend zu mehr Schwierigkeiten. Dies gilt insbesondere auch für solche Aufgaben, die auf konkrete technische Probleme abzielen und dabei ikonisch wie inhaltlich die Symbolik und Gestaltungsmöglichkeiten der bekannten grafischen Programmierumgebung Scratch verlassen.

Generell schwanken die Lösungsquoten der Aufgaben aus dem Untersuchungsinstrument zwischen 32 % und 86 %. Sie erreichen damit nicht den üblicherweise für Leistungstests angepeilten unteren Rand von 20%, sind also generell als moderat einzustufen. Übertragen auf das Design der Lernstationen erweisen sich Aufgaben mit ähnlichen Inhalten und Konzepten für kurze Interventionen und Orientierungsmaßnahmen als brauchbare Formate. Dieses Fazit bestätigten auch die Rückmeldungen der als Betreuerinnen und Betreuer an den Lernstationen eingesetzten Studierenden. Für längerfristige und systematisch angelegte MINT-Maßnahmen mit Fokus auf das technologische Problemlösen oder *Computational Thinking* könnten für diese Zielgruppe allerdings Aufgabenformate entwickelt werden, die das Leistungsspektrum besser bedienen. Die teils unterschiedlichen Lösungsquoten bei den Testaufgaben deuten allerdings auf einzelne Schwierigkeiten mit Inhalten, Konzepten oder erforderlichen Heuristiken hin. Sie konnten im Rahmen der Veranstaltung zwar durch die Betreuung und die Lernmaterialien aufgefangen werden, müssen aber bei der Konzeption von Lernstationen und Aufgabenformaten berücksichtigt werden. Zu beachten ist, dass das Problemlösen ein jeweils domänenspezifisches inhaltliches Vorwissen erfordert, das sich im vorliegenden Fall sowohl bei den Testaufgaben, als auch bei der Arbeit an den Lernstationen auf technische Begriffe (z. B. Füllgut, Thermostat, Controller, Aktor und Sensor) und Symbolsysteme (z. B. Scratch-Blöcke und Programmablaufsymbole) bezog. Da bei etlichen der Aufgaben technische Abläufe zusätzlich in Programmroutinen übersetzt werden mussten, spielen des Weiteren Kenntnisse zur sprachlichen Formulierung von Befehlsfolgen, Schleifen oder Bedingungen sowie Kenntnisse über die Repräsentation dieser Elemente in entsprechende Symbolsysteme oder Programmiersprachen eine Rolle. Bei alledem ist heuristische Kompetenz erforderlich, also die Fähigkeit, Strukturierungsregeln über mentale Operationen auf vorhandene Problemsituationen zu beziehen.

Mit Blick auf mögliche Zuwächse beim technologiebezogenen Wissen oder den Facetten des technologiebezogenen Problemlösens bzw. *Computational Thinking* muss konstatiert werden, dass das Veranstaltungsformat anscheinend zu keinen positiven Effekten beitragen konnte. Allein eine 90-minütige Intervention, auch wenn sie multiperspektivisch an verschiedenen Lernstationen erfolgt, jeweils konkrete Probleme in den Blick nimmt, soziales Lernen in der Gruppe ermöglicht und im diskursiven Austausch mit Betreuungspersonal erfolgt, garantiert noch keinen Kompetenzzuwachs.

Bemerkenswert ist, dass bei keiner der Aufgaben im Testinstrument geschlechtsspezifische Auffälligkeiten festzustellen sind. Gruppierungsunterschiede ergeben sich eher entlang der gymnasialen Ausbildungsrichtungen. Sie lassen die Schlussfolgerung zu, dass insbesondere den Schülerinnen und Schülern, die nicht dem naturwissenschaftlich-technischem Zweig zuzurechnen sind, besondere Aufmerksamkeit bei der Aufgabenzuordnung und Unterstützung in entsprechenden MINT-Maßnahmen zukommen sollte.

Neben den Ergebnissen der Testaufgaben liefert die Erhebung erste Indizien zur möglichen Wirkung der Veranstaltung bzw. der Lernstationenarbeit auf technikbezogene Einstellungen und Einschätzungen. Sie sind aufgrund der geringen Zahl der Items allerdings wenig belastbar. Die Prä-/Posttest-Daten zur Techniksicherheit, die mit nur einem Item erhoben wurde, zeigen quer über alle Schülerinnen und Schüler keine generellen Veränderungen. Allerdings weisen die Einschätzungen der Schülerinnen eine positive Tendenz auf. Das ist insofern erwähnenswert, da in Bezug auf die Lösungsquoten der Aufgaben keine Unterschiede zu den männlichen Schülern festzustellen sind, sich die Einschätzungen der Schülerinnen in punkto Techniksicherheit aber signifikant von denjenigen der Schüler unterscheiden. Vorsichtig formuliert könnte das ein Hinweis darauf sein, dass das Veranstaltungsformat mit seinen unterschiedlichen und nicht allzu schweren Aufgaben gerade dieser Gruppe zu Gute kommt. Der Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs müsste allerdings genauer nachgegangen werden.

Das generelle Ziel der Untersuchung, Anhaltspunkte für das konzeptionelle Design von Aufgaben und Lernstationen zu bekommen, kann als erreicht gelten. Aus den Lösungsquoten der Testaufgaben zum *Computational Thinking* lässt sich folgern, dass die konzeptionell ähnlich gestalteten Aufgaben an den Lernstationen für die Zielgruppe und den Zweck einer solchen Veranstaltung grundsätzlich angemessen sind. Rückmeldungen zum Interesse an den verschiedenen Lernstationen bieten zudem Anhaltspunkte für eine gezieltere Auswahl der Aufgaben und Problemsituationen. Die erhobenen Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich Techniksicherheit, Programmiererfahrung und Arbeitsweltbezug deuten außerdem darauf hin, dass die Veranstaltung einen kleinen Beitrag zum Aufbau individueller Sinn- und Deutungskognitionen in Bezug auf die digitale Welt leisten konnte.

Literatur

- Adams, C., Cutumisu, M., Yuen, C., Hackman, L., Lu, C. & Samuel, M. (2019). Callysto Computational Thinking Test (CCTt) Teacher Version [Measurement instrument] - online, <https://callysto.ca>
- Ardies, J., De Maeyer, S., Gijbels, D., & van Keulen, H. (2014). Students attitudes towards technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 43–65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9268-x>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of Computational Thinking. In A. F. Ball & C. A. Tyson (Hrsg.), *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association* (25 pp.). Vancouver, Canada: American Educational Research Association.
- Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H. & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirisch-konstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (13-26). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin u. a.: Springer.
- Clauß, G. & Ebner, H. (1979). *Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologen*. 3. verbesserte Auflage. Thun und Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch.
- CSforCA (2022). *Computer Science Skills: Computational Thinking Explained*. <https://csforca.org/computer-science-skills-computational-thinking-explained/>. Stand vom 20.02.2023.
- Curzon, P. & McOwan, P. W. (2018). *Computational Thinking. Die Welt des algorithmischen Denkens – in Spielen, Zaubertricks und Rätseln*. Berlin: Springer.

- Dagiene, V., Sentance, S., & Stupuriene, G. (2017). Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics. *Informatica (Netherlands)*, 28(1), 23-44. DOI: 10.15388/Informatica.2017.119.
- del Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R. & González-Calero, J. A. (2022). Promoting second graders' attitudes towards technology through Computational Thinking instruction. *Int J Technol Des Educ*, 32, 2019–2037. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09679-1>.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Eickelmann, B. (2019). Measuring Secondary School Students' Competence in Computational Thinking in ICILS 2018—Challenges, Concepts, and Potential Implications for School Systems Around the World. In S.-C. Kong & H. Abelson (Hrsg.), *Computational Thinking Education (53-64)* Singapur: SpringerOpen. Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_8
- Eickelmann, B., Vahrenhold, J. & Labusch, A. (2019). Kapitel XII. Der Kompetenzbereich ,Computational Thinking ‘: erste Ergebnisse des Zusatzmoduls für Deutschland im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking (367-398)*. Münster, New York: Waxmann. URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-181664 - DOI:10.25656/01:18166.
- Eickelmann, B. (2017). Computational Thinking als internationales Zusatzmodul zu ICILS 2018 – Konzeptionierung und Perspektiven für die empirische Bildungsforschung. *Tertium Comparationis. Journal für International und Interkulturell Vergleichende Erziehungswissenschaft*, 23(1), 47–61. https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&id_artikel=ART102206&uid=frei
- European Commission, Joint Research Centre, Engelhardt, K., Punie, Y., Chiocciariello, A. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education: Implications for policy and practice*, (Y.Punie,editor,P.Kampylis,edito) Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2791/792158>
- Fischer, M. (2000). Arbeitsprozesswissen von Facharbeitern. In J.-P. Pahl, F. Rauner & G. Spöttl (Hrsg.), *Berufliches Arbeitsprozesswissen: Ein Forschungsgegenstand der Berufsfeldwissenschaften (31-47)*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft.
- Frailon, J., Ainley, J., Schulz, W., Duckworth, D. & Friedman, T. (2019). *IEA International Computer and Information Literacy Study 2018: Assessment framework*. Amsterdam: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19389-8>
- Gallenbacher, J. (2008). *Abenteuer Informatik. IT zum Anfassen für alle von 9 bis 99 – vom Navi bis Social Media*. 4. Auflage. Heidelberg: Springer Verlag.
- Gerick, J., Masek, C., Eickelmann, B. & Labusch, A. (2019). Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Mädchen und Jungen im zweiten internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking (271-300)*. Münster, New York: Waxmann. URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-181664 - DOI: 10.25656/01:18166.
- Gesellschaft für Informatik e. V. (2016). *Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt* https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf
- Grover, S. (2022). *Computational Thinking Today*. In Y. Aman & U. D. Berthelsen (Hrsg.), *Computational Thinking in education: a pedagogical perspective (18-40)*. New York: Routledge.
- Grover, S. & Pea, R. (2015). “Systems of assessments” for deeper learning of Computational Thinking in K-12. https://www.sri.com/wp-content/uploads/2022/04/aera2015-_systems_of_assessments_for_deeper_learning_of_computational_thinking_in_k-12.pdf, Stand vom 20.02.2023.
- Guggemos, J., Seufert, S. & Román-González, M. (2022). *Computational Thinking Assessment – Towards More Vivid Interpretations*. *Technology, Knowledge and Learning*. DOI: 10.1007/s10758-021-09587-2.
- Guggemos, J., Seufert, S. & Román-González, M. (2019). *Measuring Computational Thinking - adapting a performance test and a self-assessment instrument for german-speaking countries*. In *Proceedings of the 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2019) (183–191)*. IADIS Press. DOI: 10.33965/celda2019_201911L023.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2013). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren*. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: W. Kohlhammer.

- Hoppe, H. U. & Manske, S. (2022). In S.-C. Kong & H. Abelson (Hrsg.), *Computational Thinking education in K–12: Artificial Intelligence Literacy and Physical Computing* (49-70). Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press. DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/13375.001.0001>
- Hubwieser, P. (2007). *Didaktik der Informatik*. 3. Auflage. Heidelberg, New York: Springer.
- International Society for Technology in Education (2017). *ISTE Standards for Students*. <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-students>. Stand vom 20.02.2023.
- Jakobs, E.-M. & Ziefle, M. (2009). *Wege zur Technikfaszination: Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte*. Berlin: Springer. <https://www.acatech.de/Publikation/wege-zur-technikfaszination/>, Stand 20.02.2023.
- Janneck, M., Vincent-Höper, S. & Othersen, I. (2012). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zum Technikbezogenen Selbstkonzept (TSK): Eine gendersensitive Studie in Gruppendynamik und Organisationsberatung. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, 43(3), 289-310.
- Köck, M. (2023). Theorie- und Praxisverzahnung im ilab@KU. In M. Meier, G. Greefrath, M. Hammann, R. Wodzinski, K. Ziepprecht (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung*. Edition Fachdidaktiken (179-183). Wiesbaden: Springer VS. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-40109-2_1
- Kong, S.-C. (2019). Components and methods of evaluating Computational Thinking for fostering creative problem-solvers in senior primary school education. In S.-C. Kong & H. Abelson (Hrsg.), *Computational Thinking education* (119–141). Singapur: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_8
- Kultusministerkonferenz (2017). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf. Stand vom 20.02.2023.
- Labusch, A., Eickelmann, B. & Vennemann, M. (2019). Computational Thinking Processes and Their Congruence with Problem-Solving and Information Processing. In S.-C. Kong & H. Abelson (Hrsg.), *Computational Thinking education* (65-78). Singapur: Springer.
- Neyer, F. J., Felber, J. & Gebhardt, C. (2016). Kurzskala Technikbereitschaft (TB, technology commitment). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS). DOI: <https://doi.org/10.6102/zis244>
- Management Association, I. (Ed.). (2022). *Research Anthology on Computational Thinking, Programming, and Robotics in the Classroom*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-2411-7>
- Mohr, M. (2022). *Geschlechtergerechte MINT-Berufsorientierung: Eine empirische Studie zur Wirksamkeit von didaktischem Lehr-Lern-Material*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Moreno-León, J., Robles, G. & Román-González, M. (2015). Dr. Scratch: Automatic analysis of scratch projects to assess and foster Computational Thinking. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 15(46), 1–23. Retrieved from http://www.um.es/ead/red/46/moreno_robles.pdf.
- Mühling, A., Ruf, A. & Hubwieser, P. (2015). Design and First Results of a Psychometric Test for Measuring Basic Programming Abilities, *Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. *WiPSCE '15*: (2–10). New York, NY, USA: ACM.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2021). *Cultivating Interest and Competencies in Computing: Authentic Experiences and Design Factors*. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/25912>.
- Ohlemann, S. (2021). Berufliche Orientierung im Spannungsfeld ihrer Ziele, Herausforderungen und Umsetzung. In *Berufliche Orientierung zwischen Heterogenität und Individualisierung*. Springer VS, Wiesbaden. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-33039-2_2
- Pfützner, V., Lange, A. & Pitsoulis, A. (2018). Wie nützlich sind Berufsorientierungsmaßnahmen für Schüler/-innen der Sekundarstufe I? Eine Fallstudie. In H. Arndt (Hrsg.), *Intentionen und Kontexte ökonomischer Bildung* (226-241). Frankfurt am Main: Wochenschau Verlag.
- Pohl, W. (Hrsg.) (2022). *Informatik-Biber. Der Wettbewerb zum digitalen Denken. Aufgaben 2022*. https://bwinf.de/fileadmin/biber/2022/Biberheft_2022_mit_Loesungen_web.pdf, Stand 15.08.2023.
- Pospeschill, M. (2022). *Testtheorie, Testkonstruktion, Testevaluation*. 2., aktualisierte Auflage. München: Ernst Reinhardt Verlag.
- Precht, R. D. (2022). *Freiheit für alle. Das Ende der Arbeit wie wir sie kannten*. München: Wilhelm Goldmann Verlag.
- 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 T. Brüggemann, K. Driesel-Lange & C. Weyer (Hrsg.), *Instrumente zur Berufsorientierung – Befunde, Qualitätsmanagement und Beispiele guter Praxis* (85–98). Münster: Waxmann.

- Redecker, C., Punie, Y. (2017). European framework for the digital competence of educators – DigCompEdu. JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT, EUR 28775 EN. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/159770>.
- Román-González, M., Moreno-León, J. & Robles, G. (2022). Toward a theory and practice of multiple Computational Thinkings. In S.-C. Kong & H. Abelson (Hrsg.), *Computational Thinking Education in K–12: Artificial Intelligence Literacy and Physical Computing* (71-102). Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press. DOI: <https://doi.org/10.7551/mitpress/13375.001.0001>.
- Román-González, M., Moreno-León, J. & Robles, R. (2019). Combining Assessment Tools for a Comprehensive Evaluation of Computational Thinking Interventions. In S.-C. Kong & H. Abelson (Hrsg.), *Computational Thinking education* (79-98). Singapur: Springer.
- Román-González, M. (2015). Computational Thinking test: Design Guidelines and content validation. DOI: 10.13140/RG.2.1.4203.4329.
- Roth, J. & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbands. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore– Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (1-11). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Roth, J. (2020). Theorie-Praxis-Verzahnung durch Lehr-Lern-Labore – das Landauer Konzept der mathematikdidaktischen Lehrpersonenausbildung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore– Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung* (58-83). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Sälzer, C. (2016). *Studienbuch Schulleistungsstudien. Das Rasch-Modell in der Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Schmid, M., Krannich, M. & Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge. Entwicklungen und Implikationen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 20(1), 116-124. URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-193962 - DOI: 10.35468/jlb-01-2020_10
- Senkbeil, M., Eickelmann, B., Vahrenhold, J., Goldhammer, F., Gerick, J. & Labusch, A. (2019). Kapitel III: Das Konstrukt der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen und das Konstrukt der Kompetenzen im Bereich ‚Computational Thinking‘ in ICILS2018. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (79-111). Münster: Waxmann. https://kw.uni-paderborn.de/fileadmin/fakultaet/Institute/erziehungswissenschaft/Schulpaedagogik/ICILS_2018_Deutschland_Berichtsband.pdf#page399, Stand 20.02.2023.
- Stemmann, J. (2018). Is problem solving competence in handling everyday technical devices a two-dimensional construct? In M. De Vries, S. Fletcher, S. Kruse, P. Labudde, M. Lang, I. Mammes, C. Max, D. Münk, B. Nicholl, J. Strobel & M. Winterbottom (Hrsg.), *Research in Technology Education: International Approaches* (115-133). Münster, New York: Waxmann.
- Stemmann, J. (2016). Technische Problemlösekompetenz im Alltag – theoretische Entwicklung und empirische Prüfung des Kompetenzkonstruktes Problemlösen im Umgang mit technischen Geräten. Dissertation.
- Stemmann, J. & Lang, M. (2014). Theoretische Konzeption einer allgemeinen technischen Problemlösefähigkeit und Möglichkeiten ihrer Diagnose. *Journal of technical Education (JOTED)*, 2(1), 80-101.
- Tsai, M.-J., Liang, J.-C. & Lee, S. W.-Y. (2021). Structural Validation for the Developmental Model of Computational Thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 0(0), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1177/07356331211017794>
- Vennemann, M., Eickelmann, B., Labusch, A. & Drossel, K. (2021). Dokumentation der Erhebungsinstrumente der zweiten Computer and Information Literacy Study. Münster, New York: Waxmann. <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4327>, Stand vom 20.02.2023
- Weintrop, D., Rutstein, D., Bienkowski, M. & McGee, D. (2022). Assessment of Computational Thinking. In Y. Aman & U. D. Berthelsen (Hrsg.), *Computational Thinking in education: a pedagogical perspective* (90-111). New York: Routledge.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Wing, J. M. (2008). Computational Thinking and thinking about computing. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*. DOI: 366. 3717-25. 10.1098/rsta.2008.0118.
- Zapata Cáceres, M., Martín-Barroso, E. & Román-González, M. (2021). BCTt: Beginners Computational Thinking Test. In *Understanding computing education (Vol 1)*. Proceedings of the Raspberry Pi Foundation Research Seminar series. Available at: rpf.io/seminar-proceedings-2020

MICHAEL KÖCK
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Arbeitslehre und Wirtschaftsdidaktik
Ostenstraße 26, 85072 Eichstätt
michael.koeck@ku.de

Zitieren dieses Beitrags:

Köck, M. (2024). Der Einsatz von Lernstationen zur Förderung des Computational Thinking bei Schülerinnen und Schülern. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 12(2), 100–128.