

**Informatik für alle – Beitrag und exemplarische
Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage
für Bildung in der digitalen Transformation**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)
eingereicht am
Fachbereich Mathematik und Informatik
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Stefan Seegerer

Berlin, im April 2021

Erstgutachter: Prof. Dr. Ralf Romeike, Freie Universität Berlin
Zweitgutachter: Prof. Dr. Beat Döbeli Honegger, PH Schwyz

Tag der Disputation: 18.08.2021

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbstständig und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel und Hilfen verfasst habe. Weiterhin versichere ich, dass diese Arbeit nicht bereits in einem früheren Promotionsverfahren eingereicht wurde.

Berlin, 23.08.2021 *Stefan Seegerer*

Zusammenfassung

Gerade in den letzten Jahren hat die Dynamik der digitalen Transformation enorm zugenommen und infolgedessen auch den Diskurs um die Konsequenzen für Bildung intensiviert. Unter dem Begriff der „digitalen Bildung“ werden – spätestens seit Verabschiedung der Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ durch die Kultusministerkonferenz 2016 – jene Kompetenzen verstanden, die für ein Leben und Arbeiten in einer „digitalen Welt“ erforderlich sind. Dabei kommt der informatischen Bildung eine besondere Aufgabe zu – nicht nur im Hinblick auf ein Verständnis der von informatischen Ideen und Konzepten geprägten digitalen Welt, sondern auch als Grundlage für digitale Bildung in anderen Fächern. Ziel dieser Arbeit ist es, den Beitrag informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation zu spezifizieren und exemplarisch auszugestalten.

Im theoretischen Teil dieser Arbeit wird zunächst der Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation aus verschiedenen Perspektiven untersucht. Dazu werden anfangs Argumente für informatische Bildung analysiert. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass informatischer Bildung primär die Förderung technologischer sowie gestaltungsbezogener Kompetenzen und zugleich auch sozialer, personaler oder problemlösender Kompetenzen zugeschrieben wird. Weiterhin werden Haltungen und Einschätzungen von Lehrkräften untersucht. Hier zeigen die Ergebnisse, dass Lehrkräfte informatische Bildung in einer grundlegenden Rolle für Bildung in der digitalen Transformation sehen, es bisher aber an Aus- und Weiterbildungsangeboten fehlt. Weiterhin werden verschiedene Schulfächer hinsichtlich der durch die digitale Transformation hervorgerufenen Veränderungen analysiert, um herauszuarbeiten, welchen Beitrag informatische Bildung zu digitaler fachlicher Bildung leisten muss. Die Ergebnisse zeigen, dass Veränderungen wie ein höherer Stellenwert von Methoden wie Simulationen oder die Auseinandersetzungen mit neuen oder veränderten Inhalten entsprechende informatische Kompetenzen erfordern. Außerdem werden anhand einer Analyse von *Informatik für alle*-Hochschulkursen informatische Themenbereiche herausgearbeitet, die relevant sind, um den neuen Anforderungen zu begegnen. Ergebnis dieser Auswertung sind sieben Themenbereiche der Informatik, die aus fachlicher Perspektive als Grundlage der digitalen Welt für alle als relevant erachtet werden: Algorithmen, Programmierung, Repräsentation von Daten, Computerorganisation, soziale Implikationen, Datennutzung sowie Netzwerke. Diese Ergebnisse werden schließlich in einem Modell zusammengefasst.

Im praktischen Teil wird darauf aufbauend *Informatik für alle* in verschiedenen praxisorientierten Arbeiten exemplarisch ausgestaltet. Dabei wird zum einen forschungsgeleitet ein Studienangebot für informatische Kompetenzen in der allgemeinen Lehrerbildung entwickelt. Die Ergebnisse zeigen, dass informatische Grundlagen für Studierende aller Fächer und Schularten entsprechend zugänglich aufbereitet werden können und deren Vertrauen in die eigenen Kompetenzen zum Unterrichten in der digitalen Welt gestärkt werden kann. Zum anderen werden Materialien bzw. Werkzeuge zu künstlicher Intelligenz entwickelt. Zuletzt wird ein für alle zugängliches Versionskontrollsystem zur Kollaboration in (schulischen) Softwareprojekten entwickelt und beforscht. Dabei zeigt sich, dass Lernende einen Großteil der Konzepte dieses Versionskontrollsystems intuitiv nutzen und das Werkzeug helfen kann, entsprechende soziale und kollaborative Kompetenzen zu erwerben.

Zusammenfassend trägt diese Arbeit mit ihren theoretisch-analytischen Arbeiten zur Debatte bei, welchen Beitrag informatische Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation leisten kann und welche Themenbereiche in diesem Rahmen für alle relevant sind. Die praxisorientierten Arbeiten, sowohl in Form eines konkreten Studienangebots für Lehrkräfte aller Fächer und Schularten als auch mithilfe der entwickelten Werkzeuge und Unterrichtsmaterialien, leisten einen konkreten Beitrag zur Ausbildung von Lehrkräften, zur Ausgestaltung des aus schulischer Sicht neuen Themengebiets der künstlichen Intelligenz und zur Entwicklung von Kompetenzen der kollaborativen Softwareentwicklung bei Programmieranfängerinnen und -anfängern und zeigen damit exemplarisch, wie informatische Bildung als Teil der Bildung in der digitalen Transformation ausgestaltet werden kann.

Vorabveröffentlichung von Teilen dieser Arbeit

Teile dieser Arbeit wurden bereits vor Einreichung der vorliegenden Dissertation wörtlich oder sinngemäß veröffentlicht. Die entsprechenden Referenzen sind in der untenstehenden Tabelle dem jeweiligen Abschnitt der Arbeit zugeordnet. Die Arbeiten „It’s not Magic After All – Machine Learning in Snap! using Reinforcement Learning“ und „Enabling Collaboration and Tinkering: A Version Control System for Block-based Languages“ entstanden in gemeinsamer Erstautorenschaft der drei bzw. zwei zuvorderst genannten Autoren.

Abschnitt	Teile vorab veröffentlicht in
Kapitel 3	Seegerer, Stefan, Michaeli, Tilman und Romeike, Ralf (2019). „Informatik für alle - Eine Analyse von Argumenten und Argumentationsschemata für das Schulfach Informatik“. In: <i>INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft</i> . Hrsg. von Klaus David et al. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 617–630
Kapitel 5	Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (2018a). „Computer Science As a Fundamental Competence for Teachers in Other Disciplines“. In: <i>Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (Potsdam)</i> . WiPSCE '18. New York, NY, USA: ACM, Artikel 29, S. 1–2
Kapitel 6	Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (11.–13. Sep. 2018b). „Was jeder über Informatik lernen sollte – Eine Analyse von Hochschulkursen für Studierende anderer Fachrichtungen“. In: <i>Commentarii informaticae didacticae (CID) – 8. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik</i> (Frankfurt). Hrsg. von Nadine Bergner et al. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, S. 13–28
Kapitel 8	Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (13.–15. Juni 2019). „Employing Computational Thinking in General Teacher Education“. In: <i>Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2019</i> (Hong Kong). Hrsg. von Siu-Cheung Kong et al. Hong Kong: Publication of The Education University of Hong Kong, S. 86–91

Kapitel 8	Seegerer, Stefan, Michaeli, Tilman und Romeike, Ralf (2021). „Informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrkräftebildung – Erkenntnisse und Erfahrungen aus einem online-gestützten Studienangebot“. In: <i>Informatik – Bildung von Lehrkräften in allen Phasen, Proceedings der 19. GI-Fachtagung Informatik und Schule, INFOS 2021</i> (Wuppertal). Hrsg. von Ludger Humbert. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V., im Druck
Kapitel 9	<p>Seegerer, Stefan, Lindner, Annabel und Romeike, Ralf (16.–18. Sep. 2019). „AI Unplugged – Wir ziehen Künstlicher Intelligenz den Stecker“. In: <i>Ta-gungsband der 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule (INFOS): Informatik für alle</i> (Dortmund). Hrsg. von Arno Pasternak. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V., S. 325–334</p> <p>Seegerer, Stefan, Michaeli, Tilman und Romeike, Ralf (2020b). „So lernen Maschinen“. In: <i>LOG IN - Informatische Bildung und Computer in der Schule</i> 193-194, S. 27–31</p> <p>Jatzlau, Sven, Michaeli, Tilman, Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (2019). „It’s not Magic After All – Machine Learning in Snap! using Reinforcement Learning“. In: <i>2019 IEEE Blocks and Beyond Workshop</i>. (Memphis, TN, USA). New York, NY, USA: IEEE, S. 37–41</p>
Kapitel 10	<p>Michaeli, Tilman, Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (2018). „Enabling Collaboration and Tinkering: A Version Control System for Block-based Languages“. In: <i>Constructionism 2018: Constructionism, Computational Thinking and Educational Innovation: conference proceedings</i> (Vilnius, Litauen). Hrsg. von Valentina Dagienė und Eglė Jasutė, S. 395–403</p> <p>Seegerer, Stefan, Michaeli, Tilman und Romeike, Ralf (2020a). „Investigating How Novices Use and Collaborate with a Version Control System for Block-Based Languages“. In: <i>LATICE 2020: conference proceedings</i> (Ho Chi Minh City, Vietnam), im Druck</p>

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Einleitung

1 Einleitung	3
1.1 Motivation	3
1.2 Struktur der Arbeit	5

Teil II: Informatische Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation	9
2.1 Digitale Transformation	9
2.2 Bildung in der digitalen Transformation	12
2.2.1 Notwendige Kompetenzen für das Leben in der digitalen Welt	13
2.2.2 Notwendige Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt	28
2.2.3 Fazit	37
3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation	39
3.1 Hintergrund	41
3.2 Methodik	42
3.3 Ergebnisse	45
3.3.1 Berufs- und Arbeitswelt	46
3.3.2 Chancengleichheit	47
3.3.3 Denkweisen	47
3.3.4 Überfachliche Kompetenzen	48
3.3.5 Konzeptwissen	48
3.3.6 Verständnis und Teilhabe	49
3.3.7 Wissenschaft	49
3.3.8 Positiver Einfluss auf Schule und Lernen in anderen Fächern	50
3.3.9 Lernendeninteresse	50
3.3.10 Weitere Argumente	51

3.4	Diskussion	51
3.5	Fazit	52
4	Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften	55
4.1	Methodik	56
4.1.1	Erhebungsinstrument	56
4.1.2	Stichprobe	57
4.2	Ergebnisse	59
4.2.1	Einschätzungen zu Digitalisierung und den daraus erwachsenden Herausforderungen	59
4.2.2	Einschätzungen zu Informatik in der Grundschule	61
4.2.3	Einschätzung der eigenen Kompetenzen	62
4.3	Fazit	63
5	Informatik in anderen Fächern	67
5.1	Veränderungen in den Disziplinen	68
5.2	Implikationen für die Schulfächer	73
5.3	Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern	76
5.3.1	Methodik	76
5.3.2	Ergebnisse	78
5.4	Diskussion	82
5.5	Fazit	84
6	Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation	85
6.1	Hintergrund	85
6.2	Methodik	90
6.3	Ergebnisse	93
6.3.1	Verfolgte Ziele	93
6.3.2	Betrachtete Themenbereiche	94
6.3.3	Typen eingesetzter Programmiersprachen und -werkzeuge	96
6.4	Diskussion	97
6.5	Fazit	99
7	Zusammenfassung und Synthese der Ergebnisse	101

Teil III: Exemplarische Umsetzung: Informatische Bildung in der allgemeinen Lehrkräftebildung

8	digi4all – Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt	107
8.1	Motivation und Ausgangslage	107
8.2	Informatik in der allgemeinen Lehrerbildung	107
8.3	Vorgehen	109
8.4	Rahmenbedingungen und Herausforderungen	110
8.5	Ausgestaltung des Studienangebots	111
8.5.1	Organisatorische Entscheidungen	111
8.5.2	Gestaltungsprinzipien	112
8.5.3	Konzeption der informatischen Module	115
8.5.4	Erkenntnisse zu den Gestaltungsprinzipien aus den Durchführungen	121
8.6	Gesamtevaluation und Einordnung	124
8.6.1	Methodik	125
8.6.2	Ergebnisse	126
8.7	Diskussion	132
8.8	Fazit	134

Teil IV: Exemplarische Umsetzung: Entwicklung von Material und Werkzeugen für den Informatikunterricht

9	Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen	141
9.1	Motivation und Ausgangslage	141
9.2	Hintergrund	142
9.2.1	Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen	142
9.2.2	Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen als Thema informati- scher Bildung	143
9.3	Charakterisierung der Ideen des maschinellen Lernens	144
9.4	Überwachtes Lernen Unplugged	149
9.4.1	Beschreibung	151
9.4.2	Unterrichtspraktische Umsetzung und Erfahrungen	154
9.5	Verstärkendes Lernen in Snap!	156
9.5.1	Beschreibung	157
9.5.2	Unterrichtspraktische Umsetzung und Erfahrungen	162
9.6	Fazit	164
10	Kollaboration und Versionskontrolle	167
10.1	Motivation und Ausgangslage	167
10.2	Hintergrund	168

10.2.1	Kollaboration in schulischen Programmierprojekten	169
10.2.2	Versionskontrollsysteme	170
10.2.3	Versionskontrollsysteme in Lehre und Unterricht	172
10.3	Konzeption eines Versionskontrollsystems für blockbasierte Sprachen	174
10.3.1	Anforderungen und Umsetzung	174
10.3.2	Beispielhafte Implementierung: Smerge	179
10.4	Verwendung im Unterricht	179
10.5	Untersuchung zum Umgang von Novizen mit Smerge	181
10.5.1	Methodik	182
10.5.2	Ergebnisse	186
10.5.3	Diskussion	191
10.6	Fazit	193

Teil V: Abschluss

11 Zusammenfassung der Arbeit	197
11.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	197
11.2 Beitrag und Ausblick	200

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis	205
Abbildungsverzeichnis	227
Tabellenverzeichnis	229

Anhang

A Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4	233
B Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4	243
C Fragebogen für Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker zu Kapitel 5	255
D Struktur digi4all	263
E Fragebogen zur Eingangserhebung von digi4all	265
F Fragebogen zur Modulevaluation von digi4all	269

Teil I:
Einleitung

1 Einleitung

1.1 Motivation

Während „Digitalisierung“ im engeren Sinne zunächst nur die Überführung von Information aus einer analogen in eine digitale Form bezeichnet, werden darunter meist auch alle durch digitale Technologien hervorgerufene Veränderungen in unserer Umwelt verstanden. Diese digitale Transformation beeinflusst die Art und Weise, wie wir kommunizieren, arbeiten oder Informationen sammeln und betrifft dabei alle Lebensbereiche. Obgleich die Erfindung des Personal Computers oder des Internets nun schon einige Jahre zurückliegen, fordern die enormen Fortschritte der letzten Jahre und die resultierenden Veränderungen uns alle – ungeachtet unserer Profession oder Disziplin – heraus, uns mit diesem Wandel auseinanderzusetzen.

Spätestens seit die Kultusministerkonferenz (KMK) 2016 ihre Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ (*Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2016*) verabschiedet hat, ist die Diskussion um Digitalisierung auch im Bildungskontext angekommen. Diese Debatte um „Bildung in einer digitalen Welt“ oder auch „digitale Bildung“ wird dabei allzu oft noch auf die Nutzung digitaler Medien reduziert (vgl. z. B. *Schmid, Goertz und Behrens (2017)*). Allerdings werden so wesentliche Aspekte des digitalen Transformationsprozesses nicht berücksichtigt.

So haben sich in den wissenschaftlichen Disziplinen durch die digitale Transformation neue Möglichkeiten und Forschungsfelder eröffnet. Unter dem Begriff eSciences gebündelt (*Gesellschaft für Informatik, 2016*) werden beispielsweise Simulationen und Datenanalysen als informatische Methoden oft auch als dritte bzw. vierte Säule der Wissenschaft bezeichnet (*Riedel et al., 2008*). Durch die damit stetig zunehmende Relevanz der Informatik als Grundlagenwissenschaft in anderen Disziplinen, sei es durch Methoden wie Simulationen oder durch Themen wie künstliche Intelligenz, werden informatische Kompetenzen in vielen weiteren Bereichen immer wichtiger (*Biundo, Claus und Mayr, 2006*). Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass sich auch abseits der Informatik verschiedene Interessenverbände, etwa aus der Chemiebranche, für informatische Bildung einsetzen (*Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V. und Verband der chemischen Industrie e.V., 2018*), denn diese Veränderungen erhöhen auch den Bedarf an Personen, die Methoden und Konzepte der Informatik in ihrem Gebiet einbringen können.

Doch nicht nur die wissenschaftlichen Disziplinen ändern sich. So sprechen die europäische Strategie *Informatics for All* (*Caspersen et al., 2018*) und die Gesellschaft für Fachdidaktik (*GFD, 2018*) in diesem Rahmen auch von einem durch Informatik bedingten Wandel in

1 Einleitung

den Schulfächern. Im Kontext digitaler Bildung wird es daher zukünftig in allen Fächern verstärkt darum gehen, Aspekte der Digitalisierung (etwa digitale Geschäftsmodelle oder ethische Auswirkungen von künstlicher Intelligenz) aufzugreifen. Der Titel dieser Arbeit reflektiert diese Breite an Veränderungen in Fächern und Disziplinen, indem von Bildung in der digitalen Transformation gesprochen wird. Informatische Bildung kann hier entsprechende Grundlagen vermitteln. Im Zuge einer Veränderung von Unterrichtsfächern und Unterrichtsinhalten muss daher auch die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften reagieren. Dementsprechend werden in Dokumenten zur Lehrerbildung¹ immer öfter informatische Kompetenzen gefordert: In Anlehnung an die KMK Strategie hat die *Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern* 19 Kompetenzen für Unterrichten in der digitalen Welt formuliert (*Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern, 2017*). Dort werden explizit medienbezogene informatische Kenntnisse gefordert, die u. a. „Konzeptwissen über Datenbanken und Algorithmen“ einschließen. Eine vom BMBF einberufene Expertenkommission fordert, dass „[a]lle Einrichtungen der Lehrerbildung [...] informatische Kompetenz (im Sinne von algorithmischem Denken, Data Literacy, Computational Thinking und Datensicherheit) [fördern müssen]“ (*van Ackeren et al., 2019*) und auch in den KMK-Lehrerbildungsstandards finden sich nun entsprechende Kompetenzanforderungen (*Kultusministerkonferenz, 2019b*).

Auch aus Sicht der Allgemeinbildung ergeben sich neue Anforderungen, die berücksichtigt werden müssen. Neben dem Umgang mit digitalen Technologien und deren Reflexion ist auch ein Verständnis der Wirkprinzipien der zugrundeliegenden Informatiksysteme notwendig (*Brinda, 2016*). Informatische Bildung ist Voraussetzung, die Phänomene der digitalen Welt zu verstehen und diese Welt mitzugestalten (*Döbeli Honegger, 2016; Romeike, 2017*). Unter dem Stichwort „Informatik für alle“ setzen sich u. a. der Informatikwettbewerb Informatik-Biber², die Gesellschaft für Informatik³ oder die amerikanische CS4All-Organisation⁴ dafür ein, jeder bzw. jedem informatische Bildung zu ermöglichen. Obgleich diese Forderung auch schon in den 80er-Jahren bestand (*Pasternak, 2019*), bekommt sie mit zunehmender Digitalisierung noch einmal Nachdruck: Aufgabe allgemeinbildender Schulen ist es, Schülerinnen und Schüler auf ein Leben in der digitalen Welt vorzubereiten.

Zukünftig benötigt also jede bzw. jeder informatische Bildung. Ein flächendeckender Informatikunterricht, der von allen Schülerinnen und Schülern belegt wird, ist bislang jedoch noch nicht selbstverständlich. Wenn es im Zuge der digitalen Bildung vermehrt darum geht, Ausbildungsinhalte bzw. dedizierte Bildungsangebote für jene Aspekte der Informatik zu

¹In dieser Arbeit wird in Anlehnung an das Bundesministerium für Bildung und Forschung der Begriff Lehrerbildung geschlechterneutral verwendet (vgl. <https://www.bmbf.de/de/qualitaetsoffensive-lehrerbildung-525.html>).

²<https://bwinf.de/biber/>

³<https://gi.de/veranstaltung/gi-fachtagung-informatik-und-schule-informatik-fuer-alle>

⁴<https://www.csforall.org/>

konzipieren, die im Rahmen der Anwendung in anderen Disziplinen bzw. Schulfächern aber auch im Alltag benötigt werden, gelten zudem noch einmal andere Anforderungen. So lässt sich hier häufig nur ein Ausschnitt der informatischen Bildung vermitteln, weshalb eine Fokussierung auf einen für *alle* relevanten inhaltlichen Kern erfolgen muss. Allerdings fehlen bisher Erkenntnisse, wie informatische Bildung hier helfen kann und welche Aspekte der Informatik als Grundlage digitaler Bildung für *alle* wichtig sind. Diese Aspekte müssen dann außerdem gegebenenfalls entsprechend aufbereitet und zugehörige Kompetenzen insbesondere an Lehrkräfte aller Fächer und Schularten vermittelt werden. „Informatik für alle“ bezieht sich in dieser Arbeit dementsprechend auf jene Aspekte der informatischen Bildung, die im Rahmen der Anwendung in anderen Disziplinen bzw. Schulfächern aber auch im Alltag benötigt werden.

1.2 Struktur der Arbeit

Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Beitrag der informatischen Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation herauszuarbeiten und darauf aufbauend „für alle“ auszugestalten. Zentral dafür ist es, jene Aspekte bzw. Themen der Informatik zu identifizieren, die als Grundlage für alle relevant sind. Darauf aufbauend gilt es Wege zu entwickeln, wie Informatik für alle zu öffnen ist bzw. wie Gegenstände, Arbeitsweisen oder Arbeitsmittel für alle dargestellt bzw. aufbereitet werden sollten.

Im theoretischen Teil der Arbeit werden dazu zunächst relevante Begriffe und Hintergründe in Kapitel 2 erläutert. Aufbauend darauf wird in Kapitel 3 eine qualitative Analyse der Argumentationen für ein Schulfach Informatik durchgeführt, um den Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation herauszuarbeiten. Daran anschließend werden mittels einer Umfrage unter Grund- und Mittelschullehrkräften deren Wahrnehmung von Bildung in der digitalen Welt, ihre persönlichen Einstellungen und ihre Wahrnehmung der Rolle der Informatik erfasst. Diese Analyse charakterisiert die Anforderungen an Bildung in der digitalen Transformation und informatische Bildung exemplarisch aus Sicht von Lehrkräften. Eine Ausschärfung informatischer Bildung als Grundlage von Bildung in der digitalen Transformation erfolgt auf Grundlage einer Analyse der Rolle der Informatik in anderen Disziplinen und einer Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern zu Veränderungen in den Schulfächern in Kapitel 5. Schließlich wird anhand einer Analyse von Informatik-Hochschulkursen für Studierende anderer Fachrichtungen in Kapitel 6 herausgearbeitet, wie informatische Bildung als Teil der Bildung in der digitalen Transformation inhaltlich ausgestaltet werden sollte, ehe die Erkenntnisse in Kapitel 7 in einem Modell zusammengefasst werden.

Die zugehörigen Forschungsfragen sind:

1 Einleitung

- (RQ1) Welchen Beitrag leistet informatische Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation?
- (RQ2) Wie werden Anforderungen an Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung von Lehrkräften wahrgenommen und welche Voraussetzungen für das Unterrichten in der digitalen Welt bringen sie mit?
- (RQ3) Welche durch die digitale Transformation hervorgerufenen Veränderungen zeigen sich in den Fächern, die durch informatische Bildung adressiert werden müssen?
- (RQ4) Wie sollte informatische Bildung als Teil von Bildung in der digitalen Transformation inhaltlich ausgestaltet werden?

Wenn im Zuge der digitalen Transformation immer mehr Menschen informatische Grundlagen erwerben sollen, gilt es, möglichst niederschwellige Angebote für Werkzeuge, Methoden und Themen der Informatik zu gestalten, um eine möglichst hohe Zugänglichkeit zu gewährleisten. Auf Basis der theoretischen Arbeiten schließen sich in Teil III und IV der Arbeit daher exemplarisch drei praxisorientierte Arbeiten an. Mit „digi4all“ wird zunächst ein Studienangebot entwickelt und beforscht, in dem informatische Grundlagen für alle in der allgemeinen Lehrerbildung aufbereitet werden.

Anschließend werden exemplarisch Themen diskutiert, denen sich die Informatikdidaktik im Kontext einer Bildung in der digitalen Transformation annehmen muss. Anhand des Themenbereichs künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen wird so in Kapitel 9 exemplarisch herausgearbeitet, wie wichtige Themen für alle dargestellt werden können. Zuletzt wird in Kapitel 10 ein Versionskontrollsystem für blockbasierte Sprachen entwickelt. Das vorgestellte Versionskontrollsystem bietet einen Zugang zum Thema Kollaboration und Versionskontrolle über die Zusammenarbeit in (schulischen) Softwareprojekten. Es stellt damit ein Beispiel für die Öffnung eines informatischen Werkzeugs für alle dar.

Mit den praktischen Arbeiten werden die folgenden Ziele verfolgt⁵:

- Ausgestaltung eines Studienangebots für informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrerbildung.
- Konzeption von Zugängen *für alle* für das im Rahmen der digitalen Transformation relevante Thema der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens.
- Gestaltung eines *für alle* zugänglichen Versionskontrollsystems zur Kollaboration in (schulischen) Softwareprojekten.

Abschließend wird die Arbeit in Teil V zusammengefasst.

⁵Daran anschließende Forschungsfragen finden sich in den jeweiligen Kapiteln.

Teil II:

Informatische Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

In diesem Kapitel wird die in der Einleitung angedeutete Fokussierung auf jene Aspekte der informatischen Bildung, die Grundlage für Bildung in der digitalen Welt darstellen und auch im Rahmen der Anwendung in anderen Schulfächern benötigt werden, präzisiert und die Bedeutung des Themas innerhalb der Didaktik der Informatik verdeutlicht. Als Grundlage für diese Arbeit ist es zunächst wichtig, ein klares Verständnis von Bildung in der digitalen Transformation zu entwickeln. Dazu werden die verschiedenen, mit dem Begriff der digitalen Transformation bzw. der digitalen Welt assoziierten Perspektiven analysiert, ehe die Anforderungen für Leben und Unterrichten in einer von der digitalen Transformation geprägten oder „digitalen Welt“ untersucht werden. Erst daraus ergeben sich die Anforderungen an Bildung in einer digitalen Welt und in diesem Kontext auch an die Informatik.

2.1 Digitale Transformation

Ziel dieser Arbeit ist es, informatische Bildung „für alle“ als Grundlage einer Bildung in der digitalen Transformation auszugestalten. Dafür muss zunächst herausgearbeitet werden, welche Sichtweisen mit den Begriffen der digitalen Transformation assoziiert werden. Daher werden in diesem Abschnitt verschiedene Perspektiven und Begrifflichkeiten analysiert und Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede der verschiedenen Perspektiven auf Digitalisierung und Einordnungen der durch Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen für den weiteren Verlauf dieser Arbeit herausgearbeitet.

Aus einer technologischen Perspektive bezeichnet Digitalisierung im engeren Sinne zunächst lediglich „die Überführung analoger (d. h. stufenloser und damit theoretisch unendlich verschiedener) Daten in die digitale, d. h. auf Ziffern (engl. ‚digit‘) abbildbare und damit durch Computer verarbeitbare Form“ (Romeike, 2017).

Im weiteren Sinne wird Digitalisierung allerdings nicht zuvorderst als technisches Verfahren, sondern vielmehr als ein gesamtgesellschaftlicher Prozess verstanden, wie beispielsweise aus der Beschreibung im Strategiepapier der Kultusministerkonferenz hervorgeht (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2016):

Die Digitalisierung unserer Welt wird hier im weiteren Sinne verstanden als Prozess, in dem digitale Medien und digitale Werkzeuge zunehmend an die Stelle analoger

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

Verfahren treten und diese nicht nur ablösen, sondern neue Perspektiven in allen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bereichen erschließen, aber auch neue Fragestellungen z. B. zum Schutz der Privatsphäre mit sich bringen.

Digitalisierung wird hier als Prozess der Veränderung verstanden, der grundlegend alle Lebensbereiche beeinflusst, indem neue Perspektiven und Möglichkeiten erschlossen werden, aber auch komplexe Herausforderungen mit sich bringt. Diese Dimensionen wird gerade durch den Begriff der *digitalen Transformation* (Gokus, Ortloff und Lange, 2019) repräsentiert. Immer wieder wird zudem betont, dass die Dynamik dieses Prozesses stetig zunimmt (Romeike, 2017; Wolf und Strohschen, 2018), wobei Umfang und Konsequenzen sowohl in technischer, wirtschaftlicher als auch gesellschaftlicher Sicht noch nicht abzusehen sind (Wittpahl, 2017).

Die neuen Möglichkeiten äußern sich beispielsweise in veränderten Kommunikationsformen und Arbeitsweisen (Kleinsteuber, 2013) oder neuen Wertschöpfungsprozessen in der Wirtschaft (Bauer, Herkommer und Schlund, 2015).

Gleichzeitig bringt der Prozess der digitalen Transformation auch neue Herausforderungen mit sich. So ist der Prozess mit Ängsten verbunden, wie dem Verlust der Privatsphäre (Behrendt et al., 2019) oder dem Verlust des Arbeitsplatzes (Brynjolfsson und McAfee, 2014). Ein häufig herangezogenes Beispiel ist die Rationalisierung bzw. der Wegfall bestehender Arbeitsplätze in Bereichen wie der Logistik- oder Mobilitätsbranche. Während in vergangenen industriellen Revolutionen mechanische Arbeit ersetzt wurde, werden durch die Digitalisierung und die damit einhergehende Vernetzung zunehmend auch kognitive Aufgaben automatisierbar (Brynjolfsson und McAfee, 2014; Zenhäuser und Vaterlaus, 2017).⁶

Daneben gibt es eine Reihe weiterer Begriffe, die im Kontext der digitalen Transformation verwendet werden. So wird beispielsweise die Durchdringung aller Lebens- und Arbeitsbereiche mit Informations- und Kommunikationstechnologie auch als Informatisierung bezeichnet (Nora, Minc und Minc, 1979). Dieser Begriff betont bereits die Rolle der Informatik als Grundlage dieses Prozesses.

Eine weitere Begrifflichkeit, die anstelle von Digitalisierung oder digitaler Transformation verwendet wird, ist *digitale Revolution* (Brynjolfsson und McAfee, 2014). Um das Ausmaß dieser Veränderungen zu beschreiben, wird im Zusammenhang mit der Verbreitung von Informationstechnologien oft auch von der dritten industriellen Revolution (Greenwood, 1997) gesprochen. Die zunehmende Vernetzung digitaler Geräte und das zunehmende Ineinandergreifen der physischen und virtuellen Welt wird wiederum teilweise auch als vierte industrielle Revolution, die technisch auf der dritten industriellen Revolution auf-

⁶Verschiedene Studien zeigen jedoch, dass es weniger zu einem Wegfall als vielmehr zu einer Verlagerung von Tätigkeiten kommt, in dessen Folge andere Fähigkeiten benötigt werden (Dengler und Matthes, 2018; Dauth et al., 2017).

2.1 Digitale Transformation

baut, bezeichnet (Flecker, Schönauer und Riesenecker-Caba, 2016; Kagermann, 2017). Betont werden hierbei also insbesondere die sich eröffnenden Möglichkeiten für die Nutzung und Verwertung von Informationstechnologien etwa für wirtschaftliche Bestrebungen.

Mit dem Begriff des Leitmedienwechsels (Baecker, 2007; Döbeli Honegger, 2016) existiert eine weitere Umschreibung dieses Prozesses, der die durch Computer bzw. Informationstechnologie ausgelösten Veränderungen statt wie beim Begriff der digitalen Revolution nicht mit dem Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft gleichsetzt, sondern vielmehr mit der Einführung des Buchdrucks: Informations- und Kommunikationstechnologie löst das Buch als das vorherrschende Medium oder Leitmedium ab. Dahinter liegt ein ähnliches, an einen umfassenden Wandel angelegtes Begriffsverständnis.

Der Begriff *Digitalität* wiederum beschreibt insbesondere in den Geisteswissenschaften die zunehmende Verschmelzung der realen, physischen mit der rein digitalen Welt (Castells, 2017).⁷ Stalder (2016) spricht von einer *Kultur der Digitalität*, die durch die drei Merkmale Referentialität, Gemeinschaftlichkeit und Algorithmizität gekennzeichnet ist. Digitalität betont noch einmal mehr, dass diese Veränderungen unabhängig vom gewählten Begriff in alle Lebensbereiche hineinwirken (Stalder, 2017).

Für eine Welt, in der Informationstechnologie selbstverständlich ist, wurde – gerade im Bildungskontext – der Begriff der *digitalen Welt* (manchmal auch *digitalisierten Welt*) geprägt (Heinen und Kerres, 2017). Auch hier wird immer wieder von einem Wandel gesprochen (Albers, Magenheim und Meister, 2011).

Trotz einer Vielzahl an verwendeten Begriffen kann das dahinterstehende Verständnis von digitaler Transformation bzw. die zugrunde liegende Einordnung der durch sie hervorgerufenen Veränderungen auf drei Punkte verdichtet werden:

- Zunächst wird die digitale Transformation mehrheitlich verstanden als Prozess, in dem Informationstechnologie wesentlich ist.
- Gleichzeitig sind die Auswirkungen dieses Wandels überall spür- bzw. erfahrbar und nicht auf bestimmte Bereiche, etwa technische Berufsfelder beschränkt.
- Zudem führt die digitale Transformation zu neuen Möglichkeiten aber auch Herausforderungen.

Unter der digitalen Transformation wird daher der Prozess verstanden, der die Durchdringung aller Lebensbereiche mit Informationstechnologie beschreibt und zu neuen Chancen aber auch Herausforderungen führt. Darauf aufbauend wird der Begriff der digitalen Welt verwendet, um die Realität einer Welt zu beschreiben, in der Informationstechnologie selbst-

⁷Digitalität setzt sich aus den Wörtern digital und Realität zusammen.

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

verständlich ist. Aufbauend auf dieser Begriffsklärung ist es nun möglich zu analysieren, inwieweit informatische Bildung zu Bildung in der digitalen Welt beitragen kann.

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

Durch die enormen Einflüsse der digitalen Transformation auf unser aller Leben ändern sich auch die Anforderungen an das Bildungssystem. Aufgabe von Schule und Bildung ist es, Schülerinnen und Schüler auf das Leben in dieser digitalen Welt vorzubereiten. Dazu gehört der mündige Umgang mit Technologie genauso wie das Verständnis der Phänomene dieser digitalen Welt (etwa digitale Geschäftsmodelle oder intelligente Assistenten) oder deren Gestaltung (Brinda, Diethelm et al., 2016). Das geht mit der Annahme einher, dass zukünftig neues Wissen und neue Fähigkeiten bzw. Kompetenzen erforderlich sind oder bestimmte Kompetenzen wichtiger werden. Diese Feststellung ist dabei keineswegs neu. Schon in den 80er-Jahren wurden erste Meinungen laut, die als Reaktion auf die geänderten Anforderungen eine komplette Umstrukturierung der Bildungslandschaft forderten, um den geänderten Anforderungen einer durch Informationstechnik geprägten bzw. digitalisierten Welt gerecht zu werden (Haefner, 1982). Gerade jedoch in den letzten Jahren hat die Dynamik der Digitalisierung rapide zugenommen und in Folge dessen auch den Diskurs um Digitalisierung in der Bildung intensiviert. Unter Begrifflichkeiten wie „Digitaler Bildung“, „Digitalen Kompetenzen“ oder „Bildung in der digitalen Welt“ soll den notwendigen Anforderungen in der digitalen Welt Rechnung getragen werden. Spätestens seit sich die *Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland* (2016) auf eine Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“ verständigte, beschäftigen sich hierzulande immer mehr Personen mit den neuen Anforderungen durch Digitalisierung im Schul- und Bildungskontext (u. a. Heinen und Kerres (2017), Ladel, Knopf und Weinberger (2018), Jörissen, Kröner und Unterberg (2019) und Iske et al. (2020)). Auch die Informatikdidaktik ist rege an der Diskussion beteiligt (z. B. Brinda, Diethelm et al. (2016) oder Pasternak (2019)).

Doch welches Wissen und welche Fähigkeiten werden in der digitalen Welt benötigt bzw. welche Ansätze für Bildung in der digitalen Welt existieren? Um den Beitrag informatischer Bildung „für alle“ als Grundlage einer Bildung in der digitalen Transformation auszugestalten, ist ein klares Verständnis darüber notwendig, welche Kompetenzen in der digitalen Welt benötigt werden und welche Anforderungen folglich an Bildung in der digitalen Welt gestellt werden. Dazu werden im Folgenden repräsentative Ansätze, Modelle bzw. Definitionen analysiert, die im Diskurs um *Bildung in der digitalen Welt* bzw. *digitale Bildung* als relevant zu erachten sind, da sie beispielsweise eine bestimmte Perspektive einnehmen oder das Verständnis *digitaler Bildung* maßgeblich beeinflusst haben. Dabei kann sicherlich nicht der gesamte Diskurs zu digitaler Bildung abgedeckt werden. Eine explorative Be-

trachtung verschiedener Sichtweisen trägt jedoch zu einem gefestigten Begriffsverständnis der bestehenden, heterogenen Ansätze bei. Zunächst werden dafür für alle Schülerinnen und Schüler bzw. Bürgerinnen und Bürger notwendige Kompetenzen in den Blick genommen, gefolgt von solchen, die der besonderen Rolle der Lehrkräfte als Vermittelnde dieser Kompetenzen Rechnung tragen. Die verschiedenen Ansätze sind dabei in der Reihenfolge ihrer Veröffentlichung angeordnet.

2.2.1 Notwendige Kompetenzen für das Leben in der digitalen Welt

Die Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler in der Schule erwerben, sind gleichsam die Basis für das gesamte weitere Leben. In diesem Abschnitt werden daher allgemein die für ein Leben in der digitalen Welt notwendigen Kompetenzen analysiert. Von besonderer Bedeutung ist hier die Strategie der Kultusministerkonferenz (*Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2016*), die jedoch nicht ohne Kritik blieb (*GFD, 2018; Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur, 2016; Brinda, 2016*). Darüber hinaus existieren weitere nationale und internationale Konzepte und Kompetenzmodelle, die die Anforderungen an das Leben in der digitalen Welt charakterisieren. All diese Ansätze sollen im Folgenden analysiert und anschließend deren Überdeckungen herausgearbeitet werden, um die für das Leben in der digitalen Welt notwendigen Kompetenzen zu synthetisieren.

P21 – Framework for 21st Century Learning

Auch international werden die neuen Anforderungen an Bildung thematisiert. Zu den bekanntesten Konzepten, die sich mit diesem Thema auseinandersetzen und die auch hierzulande Beachtung gefunden haben, gehört das amerikanische *Framework for 21st Century Learning*. Dieses Modell für Lernen im 21. Jahrhundert wurde 2007 von der US-amerikanischen Non-Profit-Organisation Partnership for 21st Century Learning (P21) bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern aus Industrie, Pädagogik und öffentlicher Hand entwickelt, die sich für Bildung im Zeitalter der Digitalisierung engagiert (*P21 Partnership for 21st Century Learning, 2007*).

Das Modell der P21 (siehe Abbildung 2.1) umfasst sowohl das erforderliche Wissen bzw. die erforderlichen Kompetenzen auf Seite der Schülerinnen und Schüler (dargestellt durch die farbigen Bögen) als auch die notwendigen Unterstützungssysteme (dargestellt durch die grauen Bögen am Boden). In der Mitte finden sich zentral positioniert die für alle relevanten Kernfächer, die die *Themen des 21. Jahrhunderts* zusammen mit den drei grundlegenden Fertigkeiten Lesen, Schreiben und Rechnen (3Rs) einschließen. Daran schließen sich die laut P21 im 21. Jahrhundert am stärksten nachgefragten Bereiche der Lebens- und

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

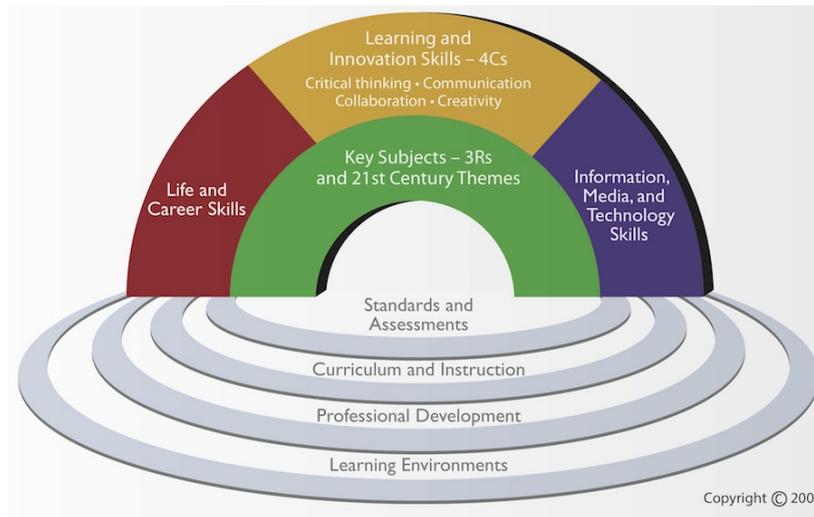


Abbildung 2.1: Framework for 21st Century Learning ((c) Partnership for 21st Century Learning 2007)

Karrierekompetenzen (*Life and Career Skills*) und der technologiebezogenen Kompetenzen bzw. Informations- und Medienkompetenzen (*Information, Media, and Technology Skills*) sowie die besonders im Fokus stehenden Lern- und Innovationskompetenzen (*Learning and Innovation Skills*) an.

Gerade letzterer Aspekt ist in Deutschland auch als 4K-Modell bekannt: Um junge Menschen auf eine stetig komplexer werdende Lebens- und Arbeitswelt unter den Bedingungen der Digitalisierung vorzubereiten, sieht die P21 die Lern- und Innovationskompetenzbereiche *Kreativität, Kritisches Denken (Critical Thinking), Kommunikation* und *Kollaboration* als besonders wichtig an. Unter kritischem Denken wird dabei u. a. die Fähigkeit verstanden, Systeme zu analysieren oder unbekannte Probleme zu lösen.

Hinter den *Information, Media and Technology Skills* steht die Fähigkeit, Informationsquellen effektiv zu nutzen und Informationen zu finden, zu bewerten, anzuwenden sowie zu verwalten (im Framework auch als *Information Literacy* bezeichnet). Außerdem sollen Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, Medien zu analysieren und Medienprodukte zu gestalten (im Framework als *Media Literacy* bezeichnet). Schließlich geht es auch darum, digitale Technologien als Werkzeug etwa zur Recherche, Kollaboration oder Auswertung unter Beachtung rechtlicher Vorgaben zu nutzen (*ICT⁸ Literacy*). Statt von *Information, Media and Technology Skills* wird im Zusammenhang des Frameworks auch von *Digital Literacy Skills* gesprochen (*Trilling und Fadel, 2009*).

⁸Englische Abkürzung für Informations- und Kommunikationstechnologie

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

Mit den Lebens- und Karrierekompetenzen werden jene Kompetenzen beschrieben, die bedingt durch einen stetigen Wandel (vgl. Abschnitt zu Digitalisierung) für den eigenen Lebens- bzw. Karriereweg wichtig sind. Dazu zählen zunächst die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an neue Gegebenheiten, die zu unerwarteten, kreativen Lösungen führen können. Weiterhin umfasst dieser Bereich die Fähigkeit, den eigenen Lernprozess zu steuern und die eigene Zeit einzuteilen bzw. die eigenen Ziele zu priorisieren und Erreichtes zu reflektieren. Zudem zählen ausgeprägte soziale und interkulturelle Kompetenzen, Produktivität und Pflichtbewusstsein sowie Führungskompetenz und Verantwortungsbewusstsein dazu (Trilling und Fadel, 2009).

Zu den Kompetenzen, die in der digitalen Welt besondere Relevanz besitzen, gehören laut *Framework for 21st Century Learning* also die drei Bereiche Lern- und Innovationskompetenzen, Lebens- und Karrierekompetenzen sowie technologiebezogene bzw. Informations- und Medienkompetenzen. Ein besonderer Fokus liegt in diesem Modell auf typisch menschlichen Eigenschaften wie Kreativität oder Kollaboration. Schülerinnen und Schüler müssen außerdem personale Kompetenzen erwerben (Lebens- und Karrierekompetenzen).

Europäische Union – DigComp

Die Europäische Union sieht sogenannte digitale Kompetenz als eine von acht Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen, die wesentlich für eine gesellschaftliche Teilhabe in der digitalen Welt ist. Im europäischen Referenzrahmen für digitale Kompetenzen (DigComp) selbst sind dazu 21 Kompetenzen festgehalten. Diese digitalen Kompetenzen sind wiederum in fünf verschiedene Bereiche untergliedert (Ferrari, 2012):

- *Umgang mit Informationen und Daten:* Hierzu zählen das Suchen und Filtern von Daten, Informationen oder digitalen Inhalten, deren Evaluation und Verwaltung.
- *Kommunikation und Kollaboration:* Hierunter fallen die Nutzung digitaler Technologien zur Interaktion, zum Teilen, zur Teilhabe an der Gesellschaft und zur Kollaboration sowie eine Beachtung der Netiquette und die Verwaltung der eigenen digitalen Identität.
- *Erschaffen digitaler Inhalte:* Zu diesem Kompetenzbereich zählt neben der Entwicklung von digitalen Inhalten sowie der Nutzung und Weiterentwicklung bestehender Inhalte bei gleichzeitiger Einhaltung urheberrechtlicher Vorgaben auch die Programmierung.
- *Sicherheit:* Unter diesem Punkt werden Kompetenzen zum Schutz von Geräten und personenbezogenen Daten sowie Kompetenzen für eine nachhaltige Nutzung, den Schutz der Umwelt und der eigenen Gesundheit subsumiert.

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

- *Problemlösen*: Unter dem letzten Punkt werden Kompetenzen für das Lösen technischer Probleme, die Anforderungsermittlung bei technischen Lösungen, das Erschaffen neuer Lösungen unter Nutzung von Technologie sowie das Identifizieren eigener Kompetenzlücken gefasst.

Zusätzlich sind die einzelnen Kompetenzen in drei Befähigungsstufen (elementar, selbstständig und kompetent) ausdifferenziert. Ein elementarer Umgang mit Informationen und Daten besteht bspw. aus einem Bewusstsein darüber, dass nicht alle Informationen im Internet zuverlässig sind, der Fähigkeit, Recherchen mithilfe einer Suchmaschine durchzuführen, sowie der Fähigkeit, Daten sicher abzulegen und wiederzufinden. Die tiefere Recherche, eine bewusste Auswahl von Informationen, der Vergleich verschiedener Quellen, das strukturierte Ablegen und Verwalten von Daten und Informationen wird als selbstständig eingestuft. Die letzte Niveaustufe (kompetent) hat erreicht, wer verschiedene Such- und Verwaltungstrategien anwenden, die Validität von Informationen vergleichen und sich ein eigenes Informationsnetzwerk aufbauen kann.

Im Vergleich zur P21 ist hier ein stärkerer Fokus auf medienbezogene Kompetenzen erkennbar. Auch die einzelnen Bereiche beziehen sich stärker auf technische Aspekte. Es werden aber auch verschiedene informatische Themen bzw. Kompetenzen adressiert wie Sicherheitsaspekte, Problemlöseaspekte und Programmierung. Als Unterpunkt finden sich zudem auch Kompetenzen, die der persönlichen Weiterentwicklung dienen, etwa mit dem Identifizieren eigener Kompetenzlücken, die zuvor als Lebens- und Karrierekompetenzen bezeichnet wurden.

Hartmann und Hundertpfund – Digitale Kompetenz

In ihrem gleichnamigen Buch führen *Hartmann und Hundertpfund (2015)* zehn digitale Kompetenzen auf, die in der digitalen Welt stetig an Bedeutung gewinnen. Das Buch hat eine stark praktische Ausrichtung und richtet sich insbesondere an Lehrkräfte und Bildungsverantwortliche. Die zehn Kompetenzen umfassen:

1. *Information und Wissen* als die Fähigkeit Informationen sinnvoll auszuwählen und deren Bedeutung und Stichhaltigkeit zu erfassen.
2. *Soziale Intelligenz und Verständigung* als die Fähigkeit, „sich mit anderen auf direkte und vertiefte Weise zu verständigen, Stimmungen und Reaktionen zu erfassen und zu fördern sowie Bedürfnisse zu erkennen“.
3. *Kritisches und flexibles Denken* als die Fähigkeit, „durch selbstständige Denkleistung Lösungen und Antworten zu finden, die über Bisheriges hinausgehen“.

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

4. *Umgang mit kultureller und sozialer Heterogenität* als jene Fähigkeit, „sich in unterschiedlichen sozialen und kulturellen Situationen zu bewegen und die Sichtweisen und Denkmuster anderer zu akzeptieren“.
5. *Abstraktion und Modellbildung* als die Fähigkeit, „komplexe Sachverhalte und große Datenmengen in abstrakte Konzepte zu übersetzen sowie Modelle zu bilden und auszuwerten“.
6. *Nutzung digitaler Werkzeuge* als die Fähigkeit, „digitale Werkzeuge und mediale Formen sowohl zu nutzen und sie für eine überzeugende Kommunikation einzusetzen als auch ihre Anwendung kritisch zu hinterfragen“.
7. *Rollenbilder privat, beruflich und öffentlich* als die Fähigkeit, „seine eigene Person mit digitalen Medien angemessen darzustellen und die Darstellung anderer Personen kritisch zu hinterfragen“.
8. *Kreatives, produktives Denken* als die Fähigkeit, „Ungewöhnliches zu denken und den eigenen Einfällen eine Chance zu geben“.
9. *Informelles und selbstbestimmtes Lernen* als die Fähigkeit, „in schulischen und außerschulischen Kontexten eigenverantwortlich zu lernen“.
10. *Virtuelle Zusammenarbeit* als die Fähigkeit, „ortsunabhängig in einem Team zusammenzuarbeiten“.

Die Kompetenzen, die Hartmann und Hundertpfund beschreiben, fokussieren sich also weniger auf den Umgang mit Medien als vielmehr auf die Denk- und Handlungskompetenzen, die in der digitalen Welt erforderlich sind. Die einzelnen Kompetenzen beziehen sich zudem nicht auf konkrete Situationen oder Werkzeuge, sondern auf zugrunde liegende Prinzipien oder zu einem großen Teil auch auf genuin menschliche Kompetenzen und weisen durchaus informatische Aspekte wie die Abstraktion und Modellbildung auf.

Dagstuhl-Erklärung – Perspektiven auf Bildung in der digitalen Welt

In einer gemeinsamen Erklärung formulieren Vertreterinnen und Vertreter aus Medienpädagogik, Informatik und ihrer Didaktik, der Schulpraxis und Wirtschaft Vorstellungen darüber, wie Bildung in einer digitalisierten Welt aussehen sollte (Brinda, Diethelm et al., 2016). Ziel ist es, die Schülerinnen und Schüler zum selbstbestimmten Umgang mit digitalen Systemen zu befähigen. Dazu gilt es, digitale Systeme „zu verstehen, zu erklären, im Hinblick auf Wechselwirkungen mit dem Individuum und der Gesellschaft zu bewerten sowie ihre Einflussmöglichkeiten zu sehen und nicht nur ihre Nutzungsmöglichkeiten zu kennen“ (Brinda, Diethelm et al., 2016). Damit Schulen also ihren Bildungsauftrag erfül-

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

len können, sollten Phänomene, Gegenstände oder Situationen der digitalen vernetzten Welt aus *drei Perspektiven* betrachtet werden: die technologische Perspektive hinterfragt die Funktionsweise, erklärt die Wirkprinzipien und vermittelt Problemlösestrategien, die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive betrachtet Wechselwirkungen mit Individuen und Gesellschaft, während die anwendungsbezogene Perspektive sich auf eine effektive und effiziente Nutzung fokussiert. Diese gleichberechtigten Perspektiven sind im sog. Dagstuhl-Dreieck (siehe Abbildung 2.2) festgehalten, das auch in nationale Bildungspläne Eingang gefunden hat (Döbeli Honegger und Merz, 2015).

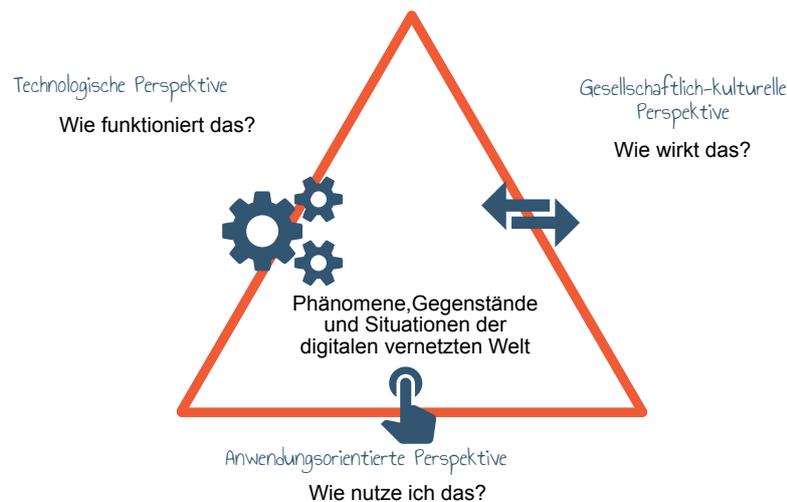


Abbildung 2.2: Dagstuhl-Dreieck

Diese Perspektiven finden sich ebenfalls im Modell „Haus der digitalen Bildung“ (Diethelm und Brinda, 2016) wieder. Das Modell soll insbesondere als Grundlage für Diskussionen und Analysen in Bildungsinstitutionen oder bei der Erstellung von Curricula dienen. Die im Dagstuhl-Dreieck festgehaltenen Perspektiven werden hier auch nach der Rolle von Informationssystemen aufgeschlüsselt in Unterrichtsgegenstände (Erdgeschoss, vgl. Abbildung 2.3) und Werkzeuge (1. Stock). Das Dach des Hauses bildet die Rolle als Unterrichts- und Organisationsmittel.

Als Ergänzung des Dagstuhl-Dreiecks wurde 2019 zudem das sogenannte Frankfurt-Dreieck verabschiedet (Brinda, Brügggen et al., 2019). Ziel war es nicht, das Dagstuhl-Dreieck zu ersetzen, sondern vielmehr ein adaptiertes Modell für Forschung und Reflexion über Bildung im digitalen Wandel bereitzustellen. Dementsprechend finden sich auch hier die drei Perspektiven als technologisch-mediale Perspektive, gesellschaftlich-kulturelle Perspektive und Interaktionsperspektive wieder.

Haus der digitalen Bildung

(9 Facetten digitaler Medien und Technologien)



Organisationsmittel
Ziel: Bildung verbessern

Unterrichtsmittel
Ziel: Lernprozesse unterstützen

Werkzeug
Ziel: Kreatives, produktives Handeln und Gestalten

Unterrichtsgegenstand
Ziel: Erschließen, Hinterfragen, Verstehen und Beurteilen



Abbildung 2.3: Haus der digitalen Bildung (CC-BY-SA Diethelm und Brinda 2020)

Während bei anderen Ansätzen häufig ein starker Fokus auf der anwendungsorientierten Perspektive liegt, betonen das Dagstuhl-Dreieck und die daran anschließenden Modelle auch die Bedeutung der beiden anderen Perspektiven: Nur das Zusammenwirken aller Perspektiven erlaubt etwa das selbstbestimmte Kommunizieren und Kollaborieren in der digitalen Welt.

KMK – Strategie Bildung in der digitalen Welt

Von besonderer Bedeutung für die deutsche Bildungslandschaft ist das gemeinsame Strategiepapier „Strategie Bildung in der digitalen Welt“ (*Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2016*) der Kultusministerkonferenz.

Die Strategie verfolgt das Ziel, einen für alle Bundesländer verbindlichen Rahmen zu definieren. „Bildung in der digitalen Welt“ ist dort in sechs Kompetenzbereiche aufgeschlüsselt, die für eine „selbstbestimmte Teilhabe in der digitalen Welt erforderlich sind“ und zum Aufgabengebiet aller Fächer gehören. Mit Wirkung vom 8. Dezember 2016 sollen diese Anforderungen an allen allgemeinbildenden Schulen der einzelnen Bundesländer umgesetzt werden. Aufbauend auf dem DigComp-Modell der EU, dem kompetenzorientierten Konzept für die schulische Medienbildung und Ergebnissen der ICILS-Studie 2013 wurden

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

Kompetenzen zur Förderung von individuellem und selbstgesteuertem Lernen, Mündigkeit, Identitätsbildung, Selbstbewusstsein und der Teilhabe an der digitalen Gesellschaft bestimmt und in die folgenden sechs Kompetenzbereiche unterschieden:

- *Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren*: Hierzu zählen das Suchen und Filtern von Informationen in verschiedenen digitalen Umgebungen unter Nutzung von Suchstrategien, das Aus- und Bewerten von Daten und Informationen sowie das sichere Speichern, Wiederfinden und Ablegen von Informationen und Daten an verschiedenen Orten.
- *Kommunizieren und Kooperieren*: Dieser Bereich beschreibt die Fähigkeit, digitale Kommunikationsmöglichkeiten zu nutzen und zielgerichtet auszuwählen, Inhalte zu teilen sowie Referenzierungspraktiken zu beherrschen und digitale Werkzeuge zur Zusammenführung von Informationen, Daten und Ressourcen oder für die gemeinsame Erarbeitung von Dokumenten zu nutzen. Gleichzeitig umfasst der Bereich auch das Befolgen Regeln im Umgang miteinander und die Fähigkeit, sich in kommunikative Prozesse einzubringen und aktiv an der Gesellschaft teilzuhaben.
- *Produzieren und Präsentieren*: Dieser Bereich beschreibt das Produzieren oder Weiterverarbeiten von digitalen Formaten unter Verwendung digitaler Werkzeuge bzw. Medienformate bei gleichzeitiger Beachtung rechtlicher Vorgaben wie dem Urheber- oder Persönlichkeitsrecht.
- *Schützen und sicher Agieren*: Hierunter fallen das sichere Agieren, das Kennen, Reflektieren und Berücksichtigen von Risiken und Gefahren in digitalen Umgebungen und das Entwickeln und Anwenden von Strategien, um persönliche Daten und die eigene Privatsphäre zu schützen. Dazu zählen auch die Berücksichtigung von Maßnahmen zum Jugend- und Verbraucherschutz, das Vermeiden von Suchtgefahren bzw. der Schutz der eigenen Gesundheit, der Natur und der Umwelt.
- *Problemlösen und Handeln*: Dieser Bereich umfasst das Lösen technischer Probleme, das Identifizieren passender Werkzeuge und deren kreative Anwendung zur Problemlösung sowie das Ermitteln eigener Defizite bei der Nutzung digitaler Werkzeuge und deren Beseitigung. Darüber hinaus fallen hierunter auch die Verwendung digitaler Werkzeuge und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen sowie die Fähigkeit, Algorithmen zu erkennen und zu formulieren und damit Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt zu kennen bzw. zu verstehen und zur Lösung eines Problems anzuwenden.
- *Analysieren und Reflektieren*: Mit diesem Bereich werden Kompetenzen umschrieben, die es erlauben, Medien und deren Wirkung kritisch zu analysieren und hinsichtlich des eigenen Mediengebrauchs, der Wirkung auf die Gesellschaft sowie hinsichtlich eigener Geschäftsideen zu bewerten.

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

Zudem verfolgt die Strategie das Ziel, digitale Lernumgebungen in Lehr- und Lernprozesse einzubinden. Hierbei steht vor allem „der kompetente Umgang mit digitalen Medien“ im Mittelpunkt, der in der Strategie auch als neue Kulturtechnik bezeichnet wird. Gleichzeitig enthält die Strategie mit dem Kommunizieren und Kooperieren oder dem Präsentieren auch eine soziale Komponente. Darüber hinaus sprechen die Autorinnen und Autoren auch von notwendigen informatischen Grundkenntnissen, betonen jedoch: „Die Entwicklung und das Erwerben der notwendigen Kompetenzen für ein Leben in der digitalen Welt gehen über notwendige informatische Grundkenntnisse weit hinaus und betreffen alle Unterrichtsfächer“.

Für die Erarbeitung der KMK-Strategie wurden das europäische Kompetenzmodell DigComp (Ferrari, 2012), das „Kompetenzorientierte Konzept für die schulische Medienbildung“ (Länderkonferenz MedienBildung (LMB), 2015) der Länderkonferenz MedienBildung und das Modell der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen der ICILS-Studie aus dem Jahr 2013 (Bos et al., 2014) zugrunde gelegt. Die KMK-Strategie zeigt dementsprechend große Übereinstimmungen mit dem DigComp-Modell, weshalb sich auch hier eine medienbezogene Perspektive ergibt. Das Erschaffen von digitalen Artefakten wird dabei im Unterschied zu DigComp eher auf das Produzieren von Medienformaten reduziert. Auf der anderen Seite wird die Wichtigkeit informatischer Grundlagenkenntnisse betont, wobei vor allem Algorithmen, als ein klassisches Thema der Informatik, als Teil der Kompetenzen im Bereich Problemlösen und Handeln starke Berücksichtigung erfahren.

Die Strategie ist mit ihrer Auswahl digitaler Kompetenzen jedoch nicht ohne Kritik geblieben, wie der nächste Abschnitt zeigt.

Kritik am Strategiepapier der KMK: Positionspaper der Gesellschaft für Fachdidaktik, Stellungnahme der Gesellschaft für Informatik und Stellungnahme der Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur

Die Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) sieht in ihrem Positionspaper (GFD, 2018) Bedarf für „Ergänzungen, Präzisierungen sowie weitergehende Initiativen“. So müsse Unterricht zunächst immer als Fachunterricht gedacht werden und als solcher fachliche Kompetenzen unter Nutzung digitaler Werkzeuge vermitteln. Außerdem gelte es, digitale Kompetenzen durch eine Verknüpfung mit fachlichen Inhalten zu fördern. Deutlich vom KMK-Strategiepapier hebt sich die Erklärung in zwei Punkten ab. So werden zum einen Kompetenzen identifiziert, die über die KMK-Standards hinaus gehen: Durch einen Wandel fachlicher Gegenstände und Methoden, etwa in Form von sich verändernden Geschäftsmodellen für die ökonomische Bildung oder Simulationen in allen Fächern, gilt es zum einen auch entsprechende *fachliche digitale Kompetenzen* zu fördern, die in den KMK-Standards ausgeklammert sind. Zum anderen, so heißt es, sollte *digital personale Bildung* gefördert und

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

dabei u. a. eine reflektierte Haltung gegenüber Möglichkeiten der digitalen Standortermittlung oder Themen wie künstlicher Intelligenz entwickelt werden.

In ihrer Stellungnahme zum KMK-Strategiepapier stellt die Gesellschaft für Informatik (GI) fest, dass „das Dokument an verschiedenen Stellen allerdings einen stark auf die Nutzung von digitalen Medien reduzierten Bildungsbegriff erkennen [lässt], der wesentliche Bildungserfordernisse einer durch Digitalisierung geprägten Welt leider völlig ausblendet“ (Brinda, 2016). Schon die Art der Verwendung der Begriffe („digitale Bildung“ oder „digitale Welt“) werden in der Reaktion kritisch gesehen, da sie fehlinterpretiert werden könnten und sie sich außerdem auf digitale Medien, nicht aber auf die vielfältigen Phänomene, Situationen, Artefakte oder Systeme beziehen. Gleichzeitig verpasse es die KMK-Erklärung *informatische Kompetenzen* miteinzubeziehen, die in der Reaktion der GI durch die Möglichkeit, die digitale Welt selbst zu gestalten, als Basis für eine gesellschaftliche Teilhabe gesehen werden. Die Autorinnen und Autoren schreiben dazu, dass es „im Sinne einer Bildung in der »digitalen Welt« relevante Kompetenzen aus dem Bereich der Informatik gibt, die im bisherigen Strategiepapier fehlen“. „Eine umfassende Bildung in der »digitalen Welt« muss daher Digitalisierung auch aus informatischer Perspektive als Unterrichtsgegenstand in den Blick nehmen.“ Aus gesellschaftlich-kultureller Perspektive „sollte sich jedes Fach mit der Frage auseinandersetzen, wie sich die jeweilige Disziplin unter dem Einfluss digitaler Technologien ändert“, aus technologischer Perspektive können andere Fächer „Bezüge zu fachrelevanten informatischen Grundlagen herstellen (z. B. einfache Caesar-Verschlüsselung im Fach Deutsch, MP3-Grundlagen im Fach Musik, Algorithmenbegriff im Fach Mathematik, Grafikformate im Fach Kunst etc.)“.

Die Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur (GMK) äußert sich ebenso wie die GI kritisch (*Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur, 2016*): Die Strategie lasse begriffliche Klarheit vermissen. Zudem werden fehlende Informatikanteile angemahnt.

Alle drei Erklärungen sehen eine beschränkte bzw. einseitige Betrachtungsweise. Sowohl die GI als auch die GMK verweisen daher in ihren Erklärungen auf drei Perspektiven, unter denen die digitale Welt betrachtet werden sollte. Diese drei Perspektiven reflektieren die Absichten der Dagstuhl-Erklärung. Die Gesellschaft für Fachdidaktik betont zudem, dass auch über die KMK-Strategie hinausgehende Kompetenzen erforderlich sind, die aus einem Wandel der fachlichen Gegenstände bzw. Methoden resultieren.

UAS7 – Strategische Entwicklung einer kompetenzorientierten Lehre für die digitale Gesellschaft und Arbeitswelt

Die UAS7 sind ein Zusammenschluss von sieben deutschen Hochschulen. In ihrem Strategiepapier (*Kreulich und Dellmann, 2016*) beschäftigen sie sich mit den Herausforderungen für die akademische Bildung in einer durch Digitalisierung geprägten Arbeits- und Lebenswelt und legen den Schwerpunkt zunächst auf allgemeine und nicht fachspezifische Kompetenzen. Dabei unterscheiden sie drei Bereiche:

- *Methodische Kompetenzen* umfassen die Fähigkeit, Probleme zu analysieren, unter Nutzung digitaler Werkzeuge zu lösen (*Problemlösekompetenz*), sich auf das „Wesentliche zu konzentrieren, deutliche Prioritäten zu setzen sowie Alternativen zu beurteilen, um zu handeln“ (*Entscheidungsvermögen*), Methoden des abstrakten Denkens zu beherrschen (*Analysekompetenz*) und medienbezogene Kompetenzen im Hinblick auf Kommunikation und Interaktion, Datenschutz und Sicherheit oder der Wirkung von Medien (*Medienkompetenz*).
- *Personale Kompetenzen* beschreiben die Fähigkeit, sich selbstständig neues Wissen anzueignen (*Selbstlernkompetenz*) und ethisch (*Ethisches Verhalten*) aber auch unternehmerisch (*Unternehmerische Kompetenz*) zu handeln.
- Zu den *sozialen Kompetenzen* gehören Fähigkeiten zur Kommunikation wie das schnelle Knüpfen von Kontakten oder das Eingehen auf den Gesprächspartner (*Kommunikationskompetenz*). Darüber hinaus umfasst der Bereich Kompetenzen zur gemeinsamen Arbeit und dem Auflösen von Konflikten (*Kooperations- und Konfliktkompetenz*) sowie *Führungskompetenz*.

Weiterhin heißt es im Strategiepapier, dass aufgrund des Einflusses der Digitalisierung auch neue spezifische fachliche Kompetenzen berücksichtigt werden müssten, da auch „wenn neue fachspezifische Kompetenzen im vorliegenden Papier nicht explizit analysiert werden, [...] die Zunahme an interdisziplinären fachlichen Kompetenzanforderungen sichtbar [ist]“ (*Kreulich und Dellmann, 2016*).

Die UAS7 legt neben bestimmten methodischen Kompetenzen im Umgang mit digitalen Werkzeugen und in der Problemanalyse bzw. -lösung, wie viele Ansätze für Schülerinnen und Schüler, einen Fokus auf eher als typisch menschlich beschriebene Kompetenzen in einer sozialen und einer personalen Komponente. Gleichzeitig betonen sie aber auch, dass es zu Veränderungen fachlicher Kompetenzen kommt.

Stifterverband – Das Future-Skills-Framework

Der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft ist ein Verein von Betrieben aber auch Privatpersonen, der sich im Wissenschafts- und Hochschulbereich engagiert. Gemeinsam mit der Unternehmensberatung McKinsey hat er das Future-Skills-Framework erarbeitet. In einem mixed-methods Ansatz wurden ein Workshop mit 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Start-ups, etablierten Unternehmen, Bildungseinrichtungen sowie aus Politik, Verwaltung und Verbänden, eine standardisierte Onlinebefragung von 607 deutschen Unternehmen und 20 leitfadengestützte Experteninterviews mit Personalverantwortlichen kombiniert, um jene Fähigkeiten zu identifizieren, die in den kommenden fünf Jahren unabhängig von jeder Branche für das Privat- wie Berufsleben wichtiger werden.

Das Future-Skills-Framework unterscheidet drei Arten von Fähigkeiten (*Stifterverband in Kooperation mit McKinsey, 2019*):

- *Technological Skills* bezeichnen jene Fähigkeiten, die Voraussetzung für die Gestaltung von Technologien sind. Dazu zählen die Analyse großer Datenmengen, die Entwicklung von künstlicher Intelligenz, Smart-Hardware, Blockchain-Anwendungen, Robotik oder für das Web, nutzerzentriertes Design von Technologieprodukten, Verwaltung von IT-Infrastrukturen wie der Cloud und das Moderieren zwischen Technologieexpertinnen und -experten sowie weiteren involvierten Personen.
- *Digital Citizenship Skills* bezieht sich auf Fähigkeiten, die es jedem Menschen erlauben, sich in einer digitalisierten Umwelt zurechtzufinden und aktiv an ihr teilzunehmen. Diese Fähigkeiten werden im Berufsleben sowie für die gesellschaftliche Teilhabe in naher Zukunft benötigt und umfassen Fähigkeiten, die der *Digital Literacy* zugeordnet werden, wie den sorgsam Umgang mit digitalen persönlichen Daten, das Nutzen gängiger Software oder die Interaktion mit künstlicher Intelligenz. Weiterhin gehört dazu die *digitale Interaktion* in digitalen Räumen, *Kollaboration* unabhängig von räumlicher Nähe, Disziplin oder Kultur, *agiles Arbeiten*, selbstständiger Aufbau von Wissen aus digital verfügbaren Informationen (*Digital Learning*) sowie die Fähigkeit, eigenes Handeln im Zusammenhang mit digitalen Technologien kritisch zu hinterfragen und ethische Entscheidungen zu treffen (*Digital Ethics*).
- *Classic Skills* beinhalten seit jeher relevante Fähigkeiten, deren Bedeutung im Berufsleben in den kommenden Jahren weiter steigen wird. Hierzu zählen *Problemlösungsfähigkeit*, *Kreativität*, *unternehmerisches Handeln und Eigeninitiative*, *Adaptionsfähigkeit*, sowie *Durchhaltevermögen*. Diese Fähigkeiten bilden die Basis, um sich besser in neuen Situationen zurechtzufinden und mit den Herausforderungen einer komplexer werdenden Welt zurechtzukommen.

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

Im Unterschied zu Technological Skills sollten Digital Citizenship Skills und Classic Skills von möglichst jeder Person beherrscht werden. Wer die beiden letzteren Fähigkeiten beherrscht, kann sich in unbekanntem Situationen orientieren und komplexe Probleme angehen, kooperativ und agil bearbeiten sowie kritische Entscheidungen treffen.

Hochschulen sollten dem Konzept zufolge zum einen spezielle Angebote für Technological Skills entwickeln, zum anderen aber eben allen Studierenden fächerübergreifend die notwendigen digitalen und klassischen, nicht-digitalen Kompetenzen vermitteln. Neben den Digital Citizenship Skills wird hier auch auf die Notwendigkeit der Vermittlung von Data Literacy, der Fähigkeit, Daten zu erfassen, zu verwalten, zu analysieren, zu visualisieren, zu interpretieren bzw. zu beurteilen, verwiesen.

Der Jahresbericht für 2016 setzt sich zudem noch näher mit den Anforderungen an Studierende auseinander. Dort heißt es, dass *digitale Fachkompetenzen* nun auch „digitale Inhalte und Methoden in allen Disziplinen, beispielsweise das Entstehen eines neuen IT-Rechts in den Rechtswissenschaften, additive Produktionsverfahren und IT-Sicherheit im Maschinenbau oder die fachspezifische Anwendung von computergestützten Verfahren in den Geisteswissenschaften“ (*Stifterverband in Kooperation mit McKinsey, 2016*) umfassen.

Auch dieser Ansatz betont die Wichtigkeit bestimmter, typisch menschlicher Eigenschaften bzw. Fähigkeiten wie Kreativität oder Kollaboration. Gleichzeitig entstehen neue Themen für die Fachdisziplinen wie IT-Recht oder IT-Sicherheit. Darüber hinaus wird auch die Wichtigkeit von Arbeitsweisen bzw. Methoden der Informatik wie dem agilen Arbeiten und dem Umgang mit Daten hervorgehoben.

Zwischenfazit

Eine vergleichende Betrachtung der eben beschriebenen Ansätze zeigt, dass trotz leicht unterschiedlicher Ausrichtung⁹ und verschiedenen verwendeten Begriffen (wie Wissen, Kompetenzen, Literacies oder Skills) in vielen Punkten Übereinstimmungen bestehen. So ist festzuhalten, dass neben Kompetenzen, die einen direkten Bezug zum Verständnis, der Nutzung oder der Gestaltung von Artefakten, Situationen oder Phänomenen aufweisen – im Folgenden *digitale* Kompetenzen –, explizit auch zunächst (nicht notwendigerweise digitale) *klassische* Kompetenzen wie Kollaboration oder Kommunikation sowie kritisches oder problemlösendes Denken gefordert werden. Ein Überblick über die verschiedenen Dimensionen findet sich in Abbildung 2.4. Zunächst werden nun explizit *digitale* Kompetenzen vorgestellt, die sich in die folgenden Teildimensionen aufschlüsseln lassen.

⁹Während das DigComp-Modell die mündige, erwachsene Bürgerin bzw. den mündigen, erwachsenen Bürger ganz allgemein in den Blick nimmt, fokussieren bspw. KMK und P21 Schülerinnen und Schüler.

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

- *Kompetenzen im Bezug auf Daten, Information und Wissen* umfassen die Fähigkeit, Informationsquellen effektiv zu nutzen und Informationen zu finden, zu bewerten, zu nutzen sowie zu verwalten (vgl. *Information Literacy* im Modell der P21, *Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren* im Strategiepapier der KMK oder *Information und Wissen* bei Hartmann und Hundertpfund).
- *Kompetenzen in der Anwendung digitaler Systeme* umfassen die Fähigkeit, digitale Technologien als Werkzeug etwa zur Recherche, Kollaboration oder Auswertung unter Beachtung rechtlicher Vorgaben zu nutzen oder Kompetenzen im Umgang mit persönlichen digitalen Daten (vgl. die *Nutzung digitaler Werkzeuge* bei Hartmann und Hundertpfund, das *Schützen und sicher Agieren* der KMK-Strategie oder die *Digital Literacy* des Future-Skills-Frameworks).
- *Technologische Kompetenzen* beziehen sich auf ein Verständnis der Grundprinzipien der digitalen Welt. Es gilt die Funktionsweise und die zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien der Systeme der digitalen Welt zu verstehen (vgl. *technologische Perspektive* im Dagstuhl-Dreieck oder in Ausschnitten u. a. als *Funktionsweisen und grundlegende Prinzipien der digitalen Welt zu kennen und verstehen* als Teil von Problemlösen und Handeln in der KMK-Strategie).
- *Gestaltungskompetenzen* umfassen das Erschaffen digitaler Inhalte, darunter oft Medien aber beispielsweise auch eigene Programme (vgl. *Erschaffen digitaler Inhalte* im DigComp-Modell, *Produzieren und Präsentieren* im KMK-Modell oder zur Gestaltung der digitalen Welt *relevante informatische Kompetenzen* in der Reaktion der GI)
- *Reflexions- und Bewertungskompetenzen* umfassen die Kompetenz, die gesellschaftliche Wirkung und das eigene Handeln im Zusammenhang mit digitalen Technologien kritisch zu reflektieren, zu bewerten und darauf aufbauend mündige bzw. ethische Entscheidungen zu treffen (vgl. *Analysieren und Reflektieren* als Kompetenzbereich im Strategiepapier der KMK, *Medienkompetenz* im Strategiepapier der UAS7 oder die *gesellschaftlich-kulturelle Perspektive* im Dagstuhl-Dreieck).
- Zuletzt ergeben sich neue *digitale fachbezogene Kompetenzen* wie GFD, UAS und Future-Skills-Framework im Hinblick auf methodische Fähigkeiten wie Datenanalysen und fachspezifische Themen wie IT-Recht oder IT-Sicherheit herausstellen.

Hinzu kommen seit jeher relevante, zunächst nicht-digitale, „klassische Kompetenzen“, die Voraussetzung sind, die Chancen der Digitalisierung wahrzunehmen und den Herausforderungen zu begegnen, die zukünftig im Privat- wie Berufsleben immer wichtiger werden. Diese Kompetenzen lassen sich in folgende vier Teildimensionen unterteilen.

- *Problemlöse- und Analysekompetenzen* sind zentral in allen Konzepten. Dabei geht es zum einen darum, allgemeine problemlösende Kompetenzen wie Abstraktion oder

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

Modellbildung sowie kritisches Denken zu entwickeln, zum anderen auch darum, konkrete Kompetenzen zum Lösen technischer Probleme oder zur Konzeption von Algorithmen zur Problemlösung zu entwickeln (vgl. *Critical Thinking* im Modell der P21, *Problemlösen* im DigComp-Modell oder *Problemlösen und Handeln* in der KMK-Strategie).

- Zu den *sozialen Kompetenzen* werden die Fähigkeiten gerechnet, mit anderen zu kommunizieren bzw. mit anderen (in heterogenen Teams) zusammenzuarbeiten oder Konflikte zu lösen. Dazu zählt auch die Fähigkeit, mit digitalen Werkzeugen auf gemeinsamen Ressourcen zu arbeiten, Aufgaben aufzuteilen und zusammenzuführen, wobei je nach analysiertem Ansatz die Rolle der digitalen Kommunikation und Kollaboration mal stärker und mal weniger stark in den Vordergrund gestellt wird (vgl. *Kommunizieren und Kooperieren* in der KMK-Strategie, *Soziale Intelligenz und Verständigung, Umgang mit kultureller und sozialer Heterogenität* sowie *virtuelle Zusammenarbeit* bei Hartmann und Hundertpfund oder die *sozialen Kompetenzen* im Strategiepaper der UAS7).
- Mit den *personalen Kompetenzen* werden Kompetenzen wie Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an neue Gegebenheiten gezählt genauso wie die Fähigkeit, sich selbst neues Wissen anzueignen und dabei den eigenen Lernprozess zu steuern bzw. eigene Ziele zu priorisieren und Erreichtes zu reflektieren. Nicht zuletzt werden auch die Fähigkeit zur Eigeninitiative, Verantwortungsbewusstsein, Führungskompetenz, unternehmerisches Handeln sowie Durchhaltevermögen genannt (vgl. *Life and Career Skills* im Modell der P21, *personale Kompetenzen* im Strategiepaper der UAS7 oder *unternehmerisches Handeln und Eigeninitiative, Adaptionfähigkeit, Durchhaltevermögen* im Future-Skills-Framework).
- Zuletzt wird auch immer wieder die *Fähigkeit zur Kreativität* betont. Es gilt neue Perspektive einzunehmen, um zu unerwarteten, kreativen Lösungen zu gelangen oder Werkzeuge kreativ einzusetzen (vgl. *Kreativität* im Modell der P21 und dem Future-Skills-Framework sowie *Kreatives, produktives Denken* bei Hartmann und Hundertpfund oder die *kreative Anwendung von Werkzeugen* als Teil des *Problemlösen und Handels* in der KMK-Strategie).

Dieser Überblick über die notwendigen Kompetenzen für das Leben in der digitalen Welt erlaubt es nun, die Rolle der Informatik für eine digitale Bildung zu untersuchen. So spielt Informatik nicht nur bei den *technologischen Kompetenzen* eine Rolle, sondern beispielsweise auch bei den *digitalen fachlichen Kompetenzen*. Eine entsprechende Systematisierung notwendiger Kompetenzen in der digitalen Welt bildet außerdem die Basis für die Herausarbeitung, welche Aspekte bzw. Themen der Informatik als Grundlage der digitalen Welt für alle relevant sind.

2.2.2 Notwendige Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt

Ein wichtiger Faktor im Kontext (institutionalisierter) digitaler Bildung ist die Lehrerbildung. In der digitalen Welt ist es Aufgabe von Lehrkräften, Schülerinnen und Schülern eben jene, im vorangegangenen Kapitel herausgearbeiteten Kompetenzen zu vermitteln. Dazu brauchen Lehrkräfte jedoch zusätzliches spezifisches Wissen bzw. spezifische Kompetenzen. Für eine erfolgreiche Ausgestaltung von Bildung in der digitalen Transformation ist es dazu wichtig, ein klares Bild darüber zu erhalten, welche Kompetenzen Lehrkräfte in Ergänzung der im vorangegangenen Abschnitt identifizierten Kompetenzen benötigen. Dabei existieren für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften mehrere Forderungen und Kompetenzrahmen. Für die Debatte um digitale Bildung in Deutschland sind auf politischer Ebene hier insbesondere der Kompetenzrahmen der Europäischen Union, die vom bayerischen Kultusministerium aufgegriffenen Arbeiten der Forschungsgruppe digitaler Campus Bayern sowie die Strategien des BMBF und der KMK zu berücksichtigen. Darüber hinaus wird in der Debatte um Lehrerbildung in der digitalen Welt häufig auf das TPACK-Modell und jüngst auch dessen Weiterentwicklung (DPACK) zurückgegriffen. Im Folgenden soll auf Basis dieser Ansätze nun herausgearbeitet werden, welche Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt notwendig sind.

Europäische Union – DigCompEdu

Aufbauend auf dem allgemeinen Rahmen für digitale Kompetenz (DigComp) hat die Europäische Union 2017 einen europäischen Rahmen für die digitalen Kompetenzen von Lehrenden (*Redecker et al., 2017*) (DigCompEdu) vorgestellt. Dieser definiert die von Lehrenden auf allen Bildungsebenen erwarteten Kompetenzen und adressiert dabei sowohl Lehrende an allgemeinbildenden Schulen als auch Lehrende an Universitäten oder Bildungseinrichtungen für Erwachsene. Er umfasst sechs Kompetenzbereiche (*DigCompEdu Autorengruppe, 2018*):

- *Berufliches Engagement*: Hierunter fällt die Nutzung digitaler Medien für Kommunikation, Zusammenarbeit und die berufliche Weiterentwicklung.
- *Digitale Ressourcen*: Mit diesem Bereich wird die Auswahl, Erstellung und Veröffentlichung von digitalen Ressourcen beschrieben.
- *Lehren und Lernen*: Kompetenzen in diesem Bereich beschäftigen sich mit dem Einsatz von digitalen Medien beim Lehren und Lernen, etwa um selbstgesteuertes oder kollaboratives Lernen zu ermöglichen.

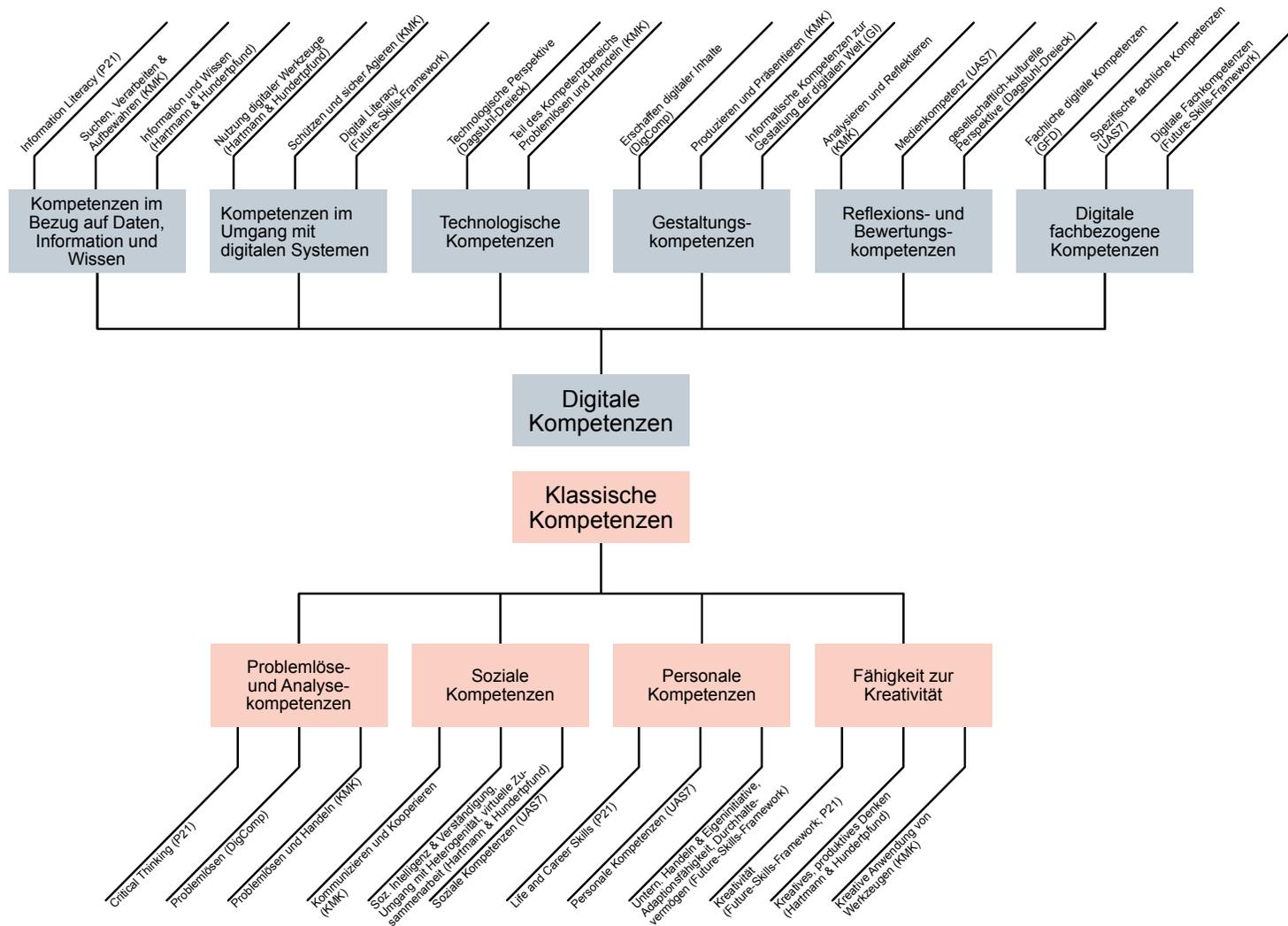


Abbildung 2.4: Überblick über die Dimensionen der notwendigen Kompetenzen für das Leben in der digitalen Welt sowie deren Verankerung in existierenden Ansätzen.

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

- *Evaluation*: Hierzu zählt der Einsatz von digitalen Technologien und Strategien zur Erhebung des Lernstandes, der Analyse des Lernfortschritts und dem darauf basierten Ableiten von Feedback.
- *Lernerorientierung*: Hierunter zählen Nutzungsformen digitaler Medien zur Differenzierung und Individualisierung sowie Maßnahmen, um eine aktive Teilhabe und Einbindung der Lernenden zu ermöglichen.
- *Förderung der digitalen Kompetenz von Lernenden*: Hierunter finden sich in Anlehnung an den allgemeinen DigComp-Rahmen Kompetenzbeschreibungen zu Maßnahmen bzw. Aktivitäten, die es den Lernenden ermöglichen, digitale Medien kreativ und verantwortungsvoll zur Information, Kommunikation, Erstellung von Inhalten oder zum Problemlösen zu nutzen.

Diese Bereiche sind wiederum in insgesamt 22 Einzelkompetenzen aufgeschlüsselt. Dabei lässt sich in den Kompetenzformulierungen ein starker Fokus auf die Nutzung digitaler Medien erkennen. Daneben wird aber auch ein starker Fokus auf die Förderung klassischer Kompetenzen wie Kollaboration, Kommunikation oder kritisches oder problemlösendes Denken gelegt. Es werden jedoch keine explizit informatischen Kenntnisse speziell für Lehrkräfte gefordert.

Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern – Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt

Die *Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern* ist eine im Rahmen des bayerischen Förderprogramms *Digitaler Campus Bayern* konstituierte, interdisziplinäre Arbeitsgruppe mehrerer Universitäten. Ziel dieser Arbeitsgruppe war der Entwurf eines Kompetenzrahmens für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. Die *Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern*, deren Standards auch vom bayerischen Kultusministerium aufgegriffen wurden, unterscheidet in ihrem Beitrag aus dem Jahr 2017 (*Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern, 2017*) mehrere Kompetenzdimensionen, die Lehrkräfte benötigen, um in einer digitalisierten Welt unterrichten zu können. Zusätzlich zu jenen Kompetenzen, über die auch Schülerinnen und Schüler verfügen sollten, identifiziert sie eine Wissenskomponente und eine Handlungskomponente notwendiger Lehrkompetenzen.

Als Wissenskomponente werden dabei die folgenden vier Bereiche angeführt:

- „Medienbezogene informatische Kenntnisse, insbesondere der Umgang mit Hardware, Software und Internet im Unterricht, Konzeptwissen über Datenbanken und Algorithmen etc.“

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

- „Medienbezogene pädagogisch-psychologische Kenntnisse, insbesondere Wissen über lernförderliche Aspekte digitaler Medien und wie man diese für die Unterrichtsgestaltung nutzbar machen kann;“
- „Medienbezogene fachliche Kenntnisse, zum Beispiel Wissen über Stellenwert und Funktionsweise von Rechensystemen bei der Simulation neuronaler Netzwerke in der Biologie;“
- „Medienbezogene fachdidaktische Kenntnisse, zum Beispiel Wissen über die lernförderlichen Potenziale von Schreibprogrammen im Kompetenzbereich ‚Schreiben‘ im Fach Deutsch.“

Dies wird ergänzt durch die vierteilige Handlungskomponente:

- Planung und Entwicklung bzw. Weiterentwicklung digital gestützter Unterrichtsszenarien
- Realisierung von (Fach-)Unterricht unter Einbeziehung digitaler Medien
- Evaluation von Effekten der Nutzung digitaler Medien auf die Lernaktivitäten sowie den fachlichen und fachübergreifenden Lernerfolg
- Reflexion, Artikulation und Anschlusskommunikation über die eigenen digitalen Unterrichtsszenarien sowie Austausch mit Kolleginnen und Kollegen (Sharing)

Gegenüber den Kompetenzen auf Schülerinnen- bzw. Schülerseite zeigen die von der *Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern* formulierten Kernkompetenzen eine Erweiterung um medienpädagogische und fachdidaktische Komponenten. Mit den medienbezogenen fachlichen Kenntnissen und den medienbezogenen informatischen Kenntnissen zeigen sich zudem konkret informatische Kompetenzen, die für alle Lehrkräfte als Basis angesehen werden. Konkret werden beispielhaft der Stellenwert und die Funktionsweise von Rechensystemen bei der Simulation neuronaler Netzwerke oder Konzeptwissen über Datenbanken und Algorithmen genannt. Zudem sind pädagogische und fachdidaktische Kenntnisse notwendig. In der Handlungsdimension wird neben der Planung und Durchführung von Unterricht unter den Bedingungen der Digitalisierung insbesondere die Evaluation, Reflexion sowie der Austausch mit Kolleginnen und Kollegen hervorgehoben.

BMBF – Digitalisierung in der Lehrerbildung

Auf Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wurde 2018 eine Expertengruppe einberufen, die sich mit den Herausforderungen der Digitalisierung im Bereich der Lehrerbildung beschäftigte (*van Ackeren et al., 2019*). Aufbauend auf wissenschaftlichen Befunden und der Einschätzung von Expertinnen und Experten wurde

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

unter Berücksichtigung bestimmter Rahmenbedingungen ein Konzept entwickelt, wie eine zukunftsweisende Lehrerbildung unter dem Einfluss der Digitalisierung zu gestalten ist. Ziel müsse es sein, alle in der „Schule Tätigen so zu qualifizieren und darüber hinaus bereits in der Lehrerausbildung entsprechend vorzubereiten, dass sie sich mit stetig wandelnden Anforderungen auseinandersetzen und Potenziale für neue Lernwege erschließen, sie reflektieren und Kompetenzen erwerben, diese stetig weiterzuentwickeln“ (van Ackeren et al., 2019). Weiterhin heißt es dort:

Alle Einrichtungen der Lehrerbildung müssen die Entwicklung digitalisierungsbezogener Kompetenzen fördern, indem sie

- *medienpädagogische Kompetenz (im Sinne von Wissen, Können, Reflexivität und berufsethischer Haltung, nicht nur im Hinblick auf Unterricht, sondern auch mit Blick auf Schule als Organisation),*
- *fachdidaktische Kompetenz (Veränderung/Erweiterung von Lerngegenständen und fachspezifisch zu fördernden Kompetenzen unter den Bedingungen von Digitalisierung und Digitalität) und*
- *informatische Kompetenz (im Sinne von algorithmischem Denken, Data Literacy¹⁰, Computational Thinking und Datensicherheit).*

in Hinblick auf Fachgegenstände sowie die Schule als Organisation im gesellschaftlichen Kontext integrieren und aufeinander beziehen.

Auch die vom BMBF einberufene Expertengruppe betont medienpädagogische und informatische Kompetenzen, die für alle Lehrkräfte wichtig sind. Mit algorithmischem Denken, Data Literacy oder Datensicherheit werden konkrete Bereiche informatischer Kompetenz benannt. Der Bereich der fachdidaktischen Kompetenz wiederum schließt an die von der Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern aufgeführten medienbezogenen fachlichen und fachdidaktischen Kenntnisse an und betont wie schon die digital fachlichen Kompetenzen im vorangegangenen Abschnitt die Veränderung fachlicher Lerngegenstände.

KMK Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften

Im Jahr 2019 hat auch die KMK ihre „Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften“ (Kultusministerkonferenz, 2019b) und ihre inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung angepasst (Kultusministerkonfe-

¹⁰Unter Data Literacy wird der Erwerb grundlegender Kompetenzen im Umgang mit und der Verarbeitung von Daten verstanden, mit dem Ziel sowohl einen fundierten Umgang als auch die Einschätzung aktueller Entwicklungen in Bezug auf Daten zu ermöglichen (Grillenberger, 2019).

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

renz, 2019a). Dort heißt es seitdem unter anderem, Absolventinnen und Absolventen des Lehramtstudiums

- kennen Konzepte der Mediendidaktik sowie Möglichkeiten und Grenzen eines anforderungs- und situationsgerechten Einsatzes von analogen und digitalen Medien in Schule und Unterricht.
- kennen Lerntheorien und Formen des Lernens einschließlich Theorien des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien.
- wissen um die Bedeutung von Medien und Digitalisierung und kennen Konzepte der Medienbildung und informatischen Bildung zur Medienkompetenzförderung.
- kennen digitale Technologien für die Zusammenarbeit und eigene Professionalisierung einschließlich ihrer Vor- und Nachteile.
- kennen Grundprinzipien digitaler Technologien und rechtliche Bestimmungen, die die genutzten Werkzeuge, Unterrichts- und Organisationsmittel betreffen.
- verfügen über Kenntnisse, wo und wie digitale Technologien in der Wissenschaft, in ihren Fächern und in den jeweils einschlägigen Berufen den professionellen Alltag und Erkenntnisprozesse beeinflussen (technologisches Fachwissen).
- sind mit den Erkenntnis- und Arbeitsmethoden und Medien ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen vertraut und verfügen über grundlegende Kenntnisse bezüglich der fachspezifischen analogen und digitalen Medien und Werkzeuge.
- sind in der Lage, diese Methoden und Medien in zentralen Bereichen ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen adressaten- und sachgerecht anzuwenden.
- sind in der Lage, Entwicklungen im Bereich Digitalisierung aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht angemessen zu rezipieren sowie Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung kritisch zu reflektieren.

Die KMK sieht medienpädagogische, fachdidaktische und informatische Anforderungen an die Lehrerbildung. Auch hier haben die informatischen Kompetenzen zwei Dimensionen. Zum einen sollten Lehrkräfte allgemeine Grundlagen erwerben und etwa Grundprinzipien digitaler Technologien kennen, zum anderen benötigen sie fachbezogene Grundlagen, etwa Kenntnisse darüber, wo und wie digitale Technologien in Wissenschaft oder professionellem Alltag genutzt werden und dort Erkenntnisprozesse beeinflussen. Darüber hinaus werden fachdidaktische Anforderungen wie die adressatengerechte Anwendung dieser Methoden und pädagogische Anforderungen wie die Kenntnis spezieller Lerntheorien und Formen des Lernens genannt.

TPACK und DPACK

Wie die vorangegangenen Betrachtungen zeigen, benötigen Lehrkräfte für ein Unterrichten in der digitalen Welt neben ihrem pädagogischen und inhaltlichen Wissen auch digitalisierungsbezogenes Wissen und Kompetenzen. Hier sind insbesondere das TPACK-Modell (Abkürzung für Technological Pedagogical Content Knowledge) sowie das darauf aufbauende DPACK-Modell zu erwähnen.

Das TPACK-Modell (*Koehler und Mishra, 2009*) beschreibt jene wesentlichen Kenntnisse, die für die Integration von Technologie in den Unterricht erforderlich sind. TPACK unterscheidet dabei drei Wissensbereiche: Technologiewissen, pädagogisches Wissen und Inhaltswissen. Dabei wird großer Wert auf die Schnittbereiche (Technologisches Inhaltswissen (TCK), Pädagogisches Inhaltswissen (PCK), Technologisches Pädagogisches Wissen (TPK) und Technologisches Pädagogisches Inhaltswissen (TPCK)) gelegt. Das TPACK-Modell ist Grundlage für viele Lehrkräftefortbildungen, von denen die meisten auf eine Verbesserung der anwendungsbezogenen Kompetenzen im Hinblick auf Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) ausgerichtet sind (z.B. (*Chai, Koh und Tsai, 2010*)).

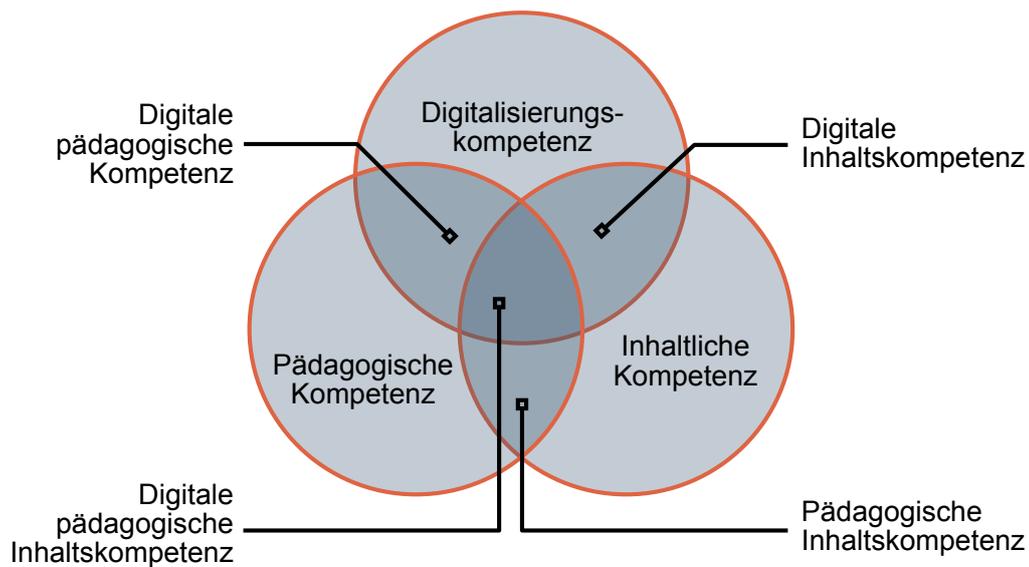


Abbildung 2.5: DPACK-Modell nach *Döbeli Honegger (2018)*

Als Weiterentwicklung des TPACK-Modells schlägt *Döbeli Honegger (2018)* das DPACK-Modell vor (vgl. Abb. 2.5). Das stark auf Nutzungskompetenzen ausgerichtete Technologiewissen des TPACK-Modells wird im DPACK-Modell breiter gefasst, indem mit Bezug auf das Dagstuhl-Dreieck eine anwendungsorientierten Perspektive, eine gesellschaftlich-kulturelle Perspektive sowie eine technische Perspektive (vgl. Abschnitt 2.2.1) berücksich-

tigt werden. Für die Beschreibung des Modells verwendet Döbeli Honegger zudem den Begriff Kompetenzen anstelle des Wissensbegriffs (*Döbeli Honegger, 2020*).

- *Digitale Kompetenz (DK)* ersetzt das Technological Knowledge durch die weiter gefasste digitale Kompetenz gemäß dem Dagstuhl-Dreieck.
- *Digitale Inhaltskompetenz (DCK)* bildet die Schnittmenge von digitaler Kompetenz und Inhaltskompetenz. Hierzu gehört die Fähigkeit, zu hinterfragen, wie Digitalisierung das eigene Fach sowie die zugehörigen Bezugswissenschaften und Berufswelten beeinflusst.
- Mit *digitaler pädagogischer Kompetenz (DPK)* wird die Schnittmenge aus digitaler Kompetenz und pädagogischer Kompetenz beschrieben. Hier reicht es nicht zu wissen, wie digitale Medien im Unterricht angewendet werden. Vielmehr ist auch von Belang, wie Digitalisierung Veränderungen in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sowie des Verständnisses von Schule bewirkt hat.
- *Digitale pädagogische Inhaltskompetenz (DPCK)* beschreibt die Schnittmenge der drei einzelnen Kompetenzen und ist Basis für die Ausgestaltung fachspezifischer Lehr- und Lernprozesse in der digitalen Welt. Es gilt, Schule und Fachunterricht so zu gestalten, dass Schülerinnen und Schüler befähigt werden, souverän in der digitalen Welt zu handeln.

Das DPACK-Modell betont, dass Lehrkräfte über die Nutzung digitaler Werkzeuge hinausgehendes Wissen erwerben müssen. Dazu gehören mit Digitalisierung zusammenhängende gesellschaftliche Fragestellungen, aber auch durch Digitalisierung entstandene fachliche Methoden und Themen und fachdidaktisches Wissen darüber, wie diese adäquat im Unterricht eingesetzt werden können. Diese Überlegungen wurden auch von *Huwer, Irion et al. (2019)* aufgegriffen.

Zwischenfazit

Um digitale Kompetenzen zu vermitteln, benötigen auch Lehrkräfte die entsprechenden Kompetenzen, die Teil der an Schülerinnen und Schüler gestellten Anforderungen sind und die bereits in Kapitel 2.2.1 herausgearbeitet wurden. Welche Kompetenzen benötigen Lehrkräfte nun aber in Ergänzung zu den dort identifizierten Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt?

Zunächst ist festzustellen, dass auch für Lehrkräfte die im vorherigen Abschnitt herausgearbeiteten Teildimensionen gelten, jedoch zwei Bereiche digitaler Kompetenzen in Konzepten und Kompetenzrahmen für die Lehrerbildung stärker gewichtet werden.

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

- Zum einen weisen die an Lehrkräfte formulierten Anforderungen eine *stärkere Betonung technologischer Kompetenzen* auf als die im vorherigen Abschnitt untersuchten Ansätze (vgl. *medienbezogene informatische Kenntnisse* im Modell der Kernkompetenzen der Forschungsgruppe digitaler Campus Bayern, Grundprinzipien digitaler Technologien in den KMK Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften oder digitale Kompetenzen im DPACK-Modell).
- Zum anderen wird auch den *digital fachlichen Kompetenzen* stärkere Beachtung geschenkt (vgl. *medienbezogene fachliche Kenntnisse* in den Kernkompetenzen der Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern, *technologisches Fachwissen* bzw. *Vertrautheit mit den Erkenntnis und Arbeitsmethoden und Medien der Fächer* in den KMK Standards zur Lehrerbildung oder *digitale Inhaltskompetenz* bei DPACK).

Darüber hinaus benötigen Lehrkräfte explizit andere, speziell mit dem Unterrichten verknüpfte Kompetenzen. Diese lassen sich in die folgenden Teildimensionen aufschlüsseln.

- Zu den *digitalen pädagogischen Kompetenzen* zählen die Planung, Durchführung, Evaluation und Reflexion von Unterricht unter Einbeziehung digitaler Medien, Werkzeuge oder Themen (vgl. Einsatz von digitalen Technologien beim *Lehren und Lernen* oder zur *Evaluation* bzw. *Lernerorientierung* im DigCompEdu-Modell oder Teile der *Handlungskomponente* bei der Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern). Darüber hinaus umfasst diese Dimension auch ein Verständnis der durch Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler sowie ein Verständnis der Rolle und Aufgabe von Schule in der digitalen Welt (vgl. *medienpädagogische Kompetenz* im Beitrag der BMBF-Expertengruppe oder die *digitale pädagogische Kompetenz* im DPACK-Modell).
- Die *digitalen fachdidaktischen Kompetenzen* umfassen das Gestalten fachspezifischer Lehr- und Lernprozesse, die Berücksichtigung von veränderten oder erweiterten Lerngegenständen sowie das Fördern fachspezifischer digitaler Kompetenzen (vgl. *medienbezogene fachdidaktische Kenntnisse* bei der Forschungsgruppe digitaler Campus Bayern, *fachdidaktische Kompetenz* im Hinblick auf die Veränderung oder Erweiterung von Lerngegenständen unter den Bedingungen von Digitalisierung im Strategiepapier *Digitalisierung in der Lehrerbildung* der BMBF-Expertengruppe, *Entwicklungen aus dem Bereich der Digitalisierung aus fachdidaktischer Sicht rezipieren* bei der KMK oder *digitale pädagogische Inhaltskompetenz* im DPACK-Modell).

Insgesamt ergeben sich damit drei Bereiche an notwendigen Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt (vgl. Abbildung 2.6). Die Lehrerbildung ist außerdem ein wichtiger Baustein für digitale Bildung: Damit Schülerinnen und Schüler entsprechende Kompetenzen aufbauen können, benötigen Lehrkräfte ihrerseits bestimmte Kompetenzen. Gerade hier kommt, wie in diesem Abschnitt gesehen, der Informatik eine wichtige Auf-

2.2 Bildung in der digitalen Transformation

gabe zu, entsprechende Grundlagen zu schaffen. Allerdings werden diese Grundlagen an keiner Stelle konkret aus spezifiziert, sondern nur exemplarisch mit Stichworten belegt. Als Implikation für diese Arbeit ergibt sich, dass Lehrkräfte die Möglichkeit erhalten müssen, informatische Kompetenzen u. a. in Bezug auf technologische oder digitale fachliche Kompetenzen zu erwerben. Gerade hierfür ist es jedoch wichtig herauszuarbeiten, welche Aspekte der Informatik Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation im Allgemeinen und für das Unterrichten in der digitalen Welt im Speziellen sind, um darauf aufbauend informatische Bildungsangebote für Lehrkräfte aller Fächer und Schularten zu schaffen.

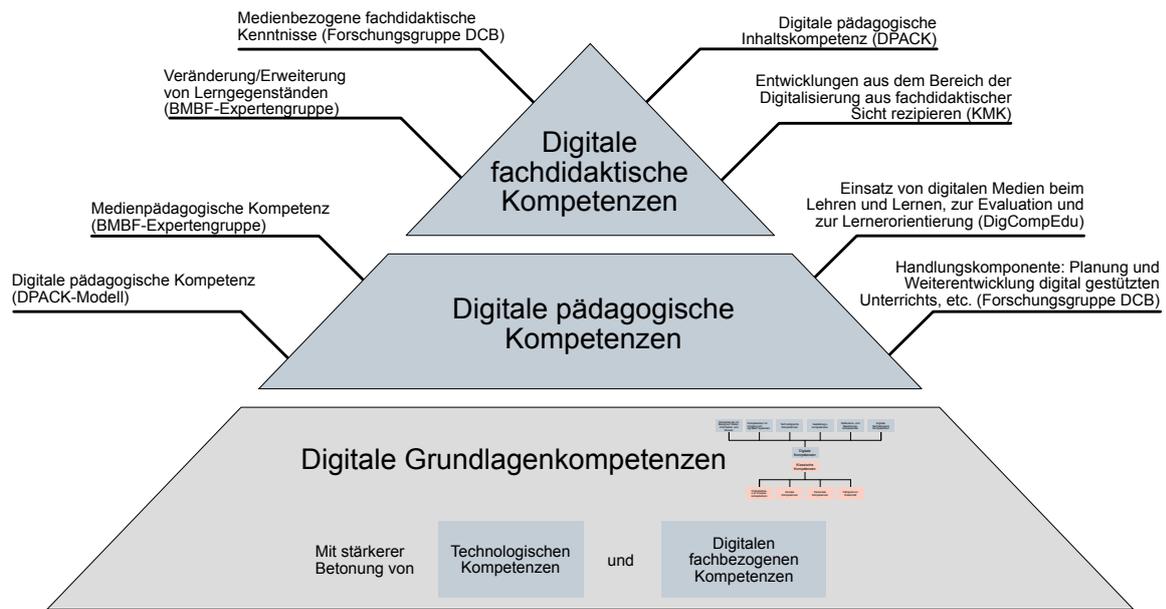


Abbildung 2.6: Überblick über die Bereiche der notwendigen Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt sowie deren Verankerung in existierenden Ansätzen.

2.2.3 Fazit

Für eine Herausarbeitung der Rolle der Informatik im Kontext von Bildung in der digitalen Transformation ist ein klares Verständnis der gestellten Anforderungen notwendig. Dafür galt es zum einen die Anforderungen an ein Leben in der digitalen Welt und zum anderen die Anforderungen an Lehrkräfte zu untersuchen, deren Aus- und Weiterbildung für ein Gelingen entsprechender Bildungsbemühungen von besonderer Bedeutung ist.

Beim Blick auf die für Schülerinnen und Schüler relevanten Kompetenzen zeigt sich, dass sowohl die Bedeutung digitaler Kompetenzen wie der Umgang oder die Gestaltung digita-

2 Digitale Transformation und Bildung in der digitalen Transformation

ler Systeme als auch die Bedeutung klassischer Kompetenzen wie Analyse- und Problemlösekompetenzen oder sozialen Kompetenzen steigt. Allerdings kritisieren verschiedene Seiten, dass gerade in Bezug auf digitale Kompetenzen bei Ansätzen wie der KMK oft noch eine zu eingeschränkte Sichtweise eingenommen werde und zum einen die anwendungsorientierte Perspektive vergleichsweise stark betont und zum anderen Veränderungen in den Fächern viel zu wenig berücksichtigt würden bzw. eine stark reduzierte Sicht eingenommen werde, die durch weitere Perspektiven erweitert werden müsse. Wie u. a. die Gesellschaft für Fachdidaktik herausstellt, sind hier insbesondere auch Änderungen fachlicher Themen und Methoden zu berücksichtigen. Das geht einher mit der Feststellung, dass es weiterhin gelte, den Fokus auf Medien zu weiten und die verschiedenen Erscheinungsformen der digitalen Welt zu berücksichtigen.

Ein ähnliches Bild zeichnen die Entwicklungen bei den Anforderungen an Lehrkräfte. Obwohl Lehrkräfte nur einen Teil der Zielgruppe digitaler Bildung ausmachen, zeigen die entsprechenden Dokumente, dass technologische Kompetenzen im Sinne eines grundlegenden Verständnisses der digitalen Welt auf der einen und fachliche digitale Kompetenzen wie (digitale) Arbeitsmethoden in den unterschiedlichen Fächern auf der anderen Seite immer wichtiger für schulische Bildung werden. Dementsprechend überrascht es nicht, dass die Dokumente zur Lehrerbildung verstärkt Informatik als Teil der digitalen Bildung für Lehrkräfte fordern. Dabei gilt es allgemeine Grundlagen im Sinn der *technologischen Kompetenzen* oder den *Problemlöse- und Analysekompetenzen* wie etwa Data Literacy oder algorithmisches Denken zu entwickeln. Zudem ist Informatik grundlegend dafür, den Einfluss digitaler Technologien bzw. der Informatik im eigenen Fach zu erkennen, neu aufkommende Themen aufzugreifen bzw. entsprechende Erkenntnis- und Arbeitsmethoden anzuwenden.

Basierend auf diesen Anforderungen bzw. zu entwickelnden Kompetenzen kann nun untersucht werden, welchen Beitrag die Informatik aufseiten der Schülerinnen und Schüler und aufseiten aller Lehrkräfte für digitale Bildung leisten kann.

3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

Informatische Bildung wird als wesentliche Grundlage von Bildung in der digitalen Transformation gesehen – gerade auch im Hinblick auf andere Fächer. Diese Bedeutung wird an mehreren Stellen betont (vgl. Kapitel 2.2) und sowohl die europäische *Informatics for All* Strategie (Caspersen et al., 2018) als auch die Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD, 2018) sprechen von einem durch Informatik bedingten Wandel allmählich auch in den Schulfächern. Dabei wird vor allem die fächerverbindende Rolle der Informatik betont. Auch Schubert und Schwill sehen, obwohl alle Fächer einen Beitrag zum fächerübergreifenden sowie fächerverbindenden Lernen leisten, die Informatik aufgrund der „Informatisierung aller Fachgebiete und damit verbunden auch aller Unterrichtsfächer“ (Schubert und Schwill, 2011) in einer Sonderstellung. Um möglichst niederschwellige Angebote für Werkzeuge, Methoden und Themen der Informatik als Grundlage digitaler Bildung zu gestalten, ist es zentral, genauer zu charakterisieren, welchen Beitrag informatische Bildung zu digitaler Bildung leisten kann. An einer entsprechenden Charakterisierung fehlt es bisher jedoch. Ziel dieses Kapitels ist es daher, herauszuarbeiten, wie informatische Bildung zu den verschiedenen Dimensionen relevanter Kompetenzen in der digitalen Welt beitragen kann.

Ein Ansatz, der den Beitrag der informatischen Bildung untersucht, stammt von Diethelm und Glücks (2019). In einer Analyse der niedersächsischen Fachcurricula mit dem Ziel zu analysieren, inwiefern die von der KMK geforderten digitalen Kompetenzen schon jetzt in Curricula enthalten sind, kommen die Autorin und der Autor für das Schulfach Informatik zu dem Ergebnis, dass „mindestens ein Drittel der KMK-Kompetenzen keinem anderen Fach zuzuordnen sind und je nach Stundenumfang eine Aufnahme von bis zu zwei Dritteln der Kompetenzen in das Fach Informatik sinnvoll erscheinen“. Allerdings deckt die KMK – wie eben gesehen – nicht alle notwendigen Kompetenzen in der digitalen Welt ab. Gleichzeitig eignet sich auch das Heranziehen von Curricula nur eingeschränkt, da diese meist eher eine Beschreibung tatsächlicher Inhalte bzw. Kompetenzen darstellen und auch hier die Interpretation bezüglich des Beitrags zu Bildung in der digitalen Welt einen großen Interpretationsspielraum bietet.

Tatsächlich existieren nur wenige Quellen, aus denen ein direkter Bezug informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Welt abgeleitet werden kann. Eine Möglichkeit, auf die hier zurückgegriffen werden kann, ist die Debatte um das Schulfach Informatik. Diese Diskussion um ihren Bildungsbeitrag begleitet die informatische Bildung seit ihren Anfängen als Unterrichtsfach (Kerner, 1990) bis heute (Blikstein und Moghadam, 2019), ist nicht auf bestimmte Regionen beschränkt (siehe etwa Jeffery (2010), Bethge et al. (2003) und Fluck et al. (2016)) und kann somit als hinreichend fundiert für eine Untersuchung angesehen wer-

3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

den. Um das Schulfach Informatik zu rechtfertigen, beziehen sich Argumentationen für ein Schulfach verstärkt auf übergeordnete Bildungsziele, die in der digitalen Welt insbesondere auch digitale Bildung umfassen. Eine Betrachtung der Argumentationen hilft gegenüber einer Betrachtung von Curricula zudem durch eine größere Textbasis und vorhandene Begründungen dem Problem eines zu hohen Interpretationsspielraums zu begegnen, der bei der Zuordnung von Lehrplanpunkten zu Aspekten digitaler Bildung gegeben ist. Gleichzeitig können so auch Aspekte identifiziert werden, die bisher noch nicht in Curricula abgebildet worden sind. Daher wird im Folgenden auf die Diskussion um das Schulfach Informatik zurückgegriffen, um die dort vorgebrachten Argumente im Sinne ihres Bezugs zu digitaler Bildung zu analysieren und anschließend zu interpretieren.

Eine Argumentation erfolgt dabei auf zwei Ebenen: einer inhaltlichen Ebene (Argument) und der Art und Weise, wie die Argumentation geführt wird (Argumentationsschema).

- Ein *Argument* besteht immer aus mehreren Teilen: Der Konklusion, die die zu begründende Behauptung darstellt und einer beliebigen Anzahl von Prämissen, die diese Behauptung begründen sollen (Bayer, 2007).
- *Argumentationsschemata* beschreiben nun die Struktur der Prämissen, also, auf welche Art und Weise die Konklusion begründet wird. So kann eine Konklusion etwa durch eine Analogie, eine allgemein akzeptierte Aussage oder die Meinung einer Expertin bzw. eines Experten begründet werden. Beispielsweise kann ein Argument auch nicht direkt inhaltlich belegt, sondern nur dadurch begründet werden, dass Alternativen ausgeschlossen werden.

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Argumente, die in der Rechtfertigung und Diskussion im deutschsprachigen Raum Verwendung finden und Informatik als Pflichtfach rechtfertigen sollen, untersucht. Damit sind Rückschlüsse darüber möglich, welchen Beitrag informatische Bildung für Bildung in der digitalen Welt leisten kann. Zudem wird auch die Art und Weise der Argumentation analysiert. Die Betrachtung dieser Argumentationsschemata gibt weitere Aufschlüsse, wie informatische Bildung dies schaffen kann bzw. warum dafür informatische Bildung notwendig ist. Die übergeordnete Forschungsfrage (RQ1), welchen Beitrag informatische Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation leistet, wird daher in folgende zwei Teilforschungsfragen untergliedert:

- (RQ1.1) Welche Argumente werden für ein Schulfach Informatik angeführt?
- (RQ1.2) Welche Argumentationsschemata werden verwendet?

3.1 Hintergrund

Heymann entwickelte mit den sieben Aufgaben allgemeinbildender Schulen einen Maßstab, der herangezogen werden kann, um den allgemeinbildenden Wert eines Faches herauszustellen (Heymann, 1996). Mithilfe dieses Kriterienkatalogs untersuchen sowohl Pasternak (2013) als auch Witten (2003) den Informatikunterricht. Darin überprüfen sie, ob (zeitgemäßer) Informatikunterricht diese Kriterien erfüllt und damit einen Beitrag zur Allgemeinbildung leisten kann. Beide kommen zu dem Ergebnis, dass Informatikunterricht diesen Ansprüchen genügt. Witten stellt zudem fest, dass „durch eine stärkere Berücksichtigung von fachübergreifenden und fächerverbindenden Themen wie künstliche Intelligenz, Geschichte der Rechentechnik, IT-Sicherheit sowie Grenzen der Berechenbarkeit die Qualität des Informatikunterrichts im Hinblick auf die Allgemeinbildung weiter gestärkt werden könnte“ (Witten, 2003).

Betrachtet man allerdings die Debatte um digitale Bildung und auch um das Schulfach Informatik, zeigt sich, dass die Diskussion dort teilweise weniger abstrakt als mit Allgemeinbildungsmaßstäben geführt wird und auch Argumente mit einbezieht, die nicht in direkter Verbindung mit Heymanns Katalog stehen, etwa in Bezug auf den Arbeitsmarkt.

Dabei gab und gibt es immer wieder Ansätze die Argumentation um Informatik als Schulfach zu strukturieren.

Döbeli Honegger (2016) fasst die Argumentation für Informatik in der Schule und damit deren Allgemeinbildungsanspruch in neun Argumenten zusammen: Konstruktionsargument, Wissenschaftsargument, Denkobjektargument, Problemlöseargument, Arbeitstechnikargument, Interesseargument, Berufswahlargument, Welterklärungs- oder Mündigkeitsargument und Konzeptwissenargument.

Passey (2017) identifiziert sechs Argumente: Informatische Bildung für alle soll dafür sorgen, dass zukünftige Anforderungen der Wirtschaft erfüllt (*economic argument*), (soziale) Interessensgemeinschaften unterstützt (*community argument*), Verständnis geschaffen (*educational argument*), Kompetenzen wie Problemlösen ausgebildet (*learning argument*) und Teamwork geschult werden (*organisational argument*). Zudem führt er an, dass Lernende auch die Möglichkeit haben sollten, sich mit den Dingen zu beschäftigen, die sie selbst interessieren (*learner argument*).

Vogel, Santo und Ching (2017) hingegen wählen einen empirischen Ansatz: In einer dreistündigen Arbeitsgruppensitzung forderten sie 24 Experten auf, Argumente für informatische Bildung niederzuschreiben. In den 161 genannten Einzelargumenten und projizierten Auswirkungen informatischer Bildung identifizieren sie sieben Bereiche, die „CSed Visions“: *economic and workforce development, equity and social justice, competencies and literacies, citizen-*

3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

ship and civic life, scientific, technological and social innovation, school improvement and reform sowie fun, fulfillment and personal agency.

3.2 Methodik

Basis der Untersuchung sind Texte, die für ein Schulfach Informatik argumentieren. Da sich die Darstellung der Argumente in den Dokumenten unterscheiden kann, gleichzeitig aber eine große Zahl an Dokumenten vorliegt, orientiert sich das Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen an den Schritten der strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach *Mayring (2000)*. Die qualitative Inhaltsanalyse beschreibt ein Verfahren zur systematischen Textanalyse. Ziel einer solchen ist die Abbildung der wesentlichen Aspekte des untersuchten Materials. Dabei werden zunächst passende Dokumente für den zu untersuchenden Korpus ausgewählt. Anschließend wird ein Kategoriensystem gebildet, ehe dieses herangezogen wird, um in der Kodierungsphase die einzelnen Dokumente iterativ zu kodieren. Dabei werden Textstellen einzelnen Kategorien zugeordnet. Die qualitative Inhaltsanalyse zur Strukturierung von Dokumenten wurde bereits mehrfach sowohl zur Analyse von Argumenten (etwa *Schreier (1997)*) als auch in der Informatikdidaktik (etwa *Dörge (2013)*) eingesetzt.

Materialauswahl. Für die Analyse wurden verschiedene Dokumente aus dem deutschsprachigen Raum herangezogen, die für Informatik in der Schule argumentieren. Dazu wurden die Seiten der GI sowie ihrer Landesgruppen und einschlägige Onlinebibliotheken (Springer Link, Google Scholar und die digitale Bibliothek der GI) auf entsprechende Dokumente bzw. nach Stichwörtern wie „Informatik für alle“, „Pflichtfach Informatik“ und „Informatische Bildung“ untersucht. Ergänzt wurde dies durch eine Webrecherche nach denselben Schlagworten. Dies resultierte in 50 Dokumenten, deren Aufteilung nach dem Jahr der Veröffentlichung in Abbildung 3.1 dargestellt ist.

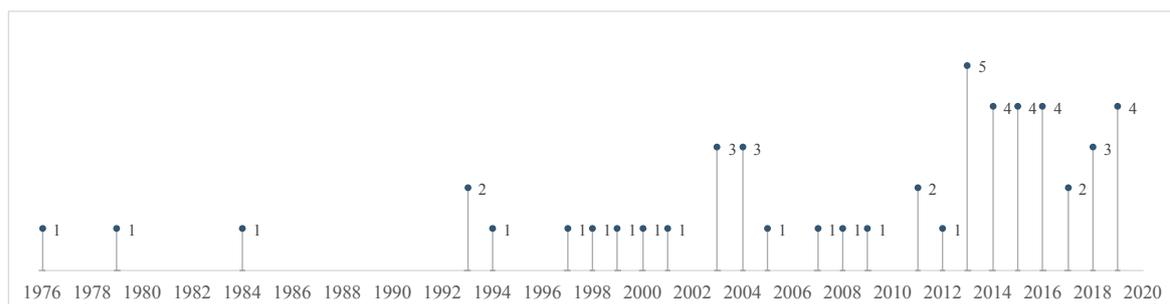


Abbildung 3.1: Anzahl an Quellen nach Jahr der Veröffentlichung

	Kategorie	Beschreibung
Reasoning	<i>Deductive Reasoning</i>	Aus einer oder mehreren Aussagen (Prämissen) wird eine logisch sichere Schlussfolgerung abgeleitet.
	<i>Inductive Reasoning</i>	Eine oder mehrere Aussagen werden als Beweis für die Wahrheit der Schlussfolgerung angesehen (Gegenbegriff zu <i>Deductive Reasoning</i>).
	<i>Practical Reasoning</i>	Ausgehend von einem Ziel wird argumentiert, dass eine Aktion erforderlich ist, um dieses zu erreichen. Dazu gehören das Ausschließen von Alternativen (<i>Argument from Alternatives</i>), das Skizzieren von Gefahren (<i>Argument from Threat</i>) oder Nennen der folgenden Konsequenzen (<i>Argument from Consequences</i>).
	<i>Abductive Reasoning</i>	Ausgehend von einer überraschenden Beobachtung wird eine Erklärung gebildet.
	<i>Causal Reasoning</i>	Ausgehend von einer Ursache und ihrer Wirkung wird eine Kausalität identifiziert.
Source-based Arguments	<i>Argument from Position to Know</i>	Das Argument stützt sich auf eine Quelle, die über entsprechendes Wissen verfügt (etwa eine Expertin (<i>Argument from Expert Opinion</i>)), oder nutzt Aussagen, die als wahr zu akzeptieren sind, solange nicht das Gegenteil bewiesen wird (<i>Argument from Ignorance</i>).
	<i>Argument from Commitment</i>	Argument, bei dem sich auf eine entsprechend bestätigende Aussage des Angesprochenen bezogen wird.
	<i>Arguments Attacking Personal Credibility</i>	Argument, bei dem die Position eines anderen Diskussionssteilnehmers aufgrund persönlicher Eigenschaften angefochten wird (z. B. Voreingenommenheit).
	<i>Arguments from Popular Acceptance</i>	Argument, dass eine Aussage allgemein akzeptiert wird und dass sie daher (vorläufig) als plausibel akzeptiert werden kann (<i>Walton, 2005a</i>).
Applying Rules to Cases	<i>Defeasible Rule-Based Arguments</i>	Die Argumentation nutzt regelbasierte Schemata, ist aber anfechtbar.
	<i>Arguments Based on Cases</i>	Das Argument stützt sich auf Beispiele (<i>Argument from Example</i>), Analogien (<i>Argument from Analogy</i>) oder Präzedenzfälle (<i>Argument from Precedent</i>).
	<i>Verbal Classification Arguments</i>	Pauschalurteil, bei dem etwas pauschal in eine Kategorie eingeordnet wird (<i>Andrews, 2016</i>).
	<i>Chained Arguments Connecting Rules and Cases</i>	Argumentationsweise, bei der eine Reihe von aufeinander aufbauenden Konsequenzen angeführt wird.

Tabelle 3.1: Übersicht über Argumentationsschemata

3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

	<i>Vogel, Santo und Ching (2017)</i>	<i>Döbeli (2016)</i>	<i>Honegger Passey (2017)</i>
Berufs- und Arbeitswelt	economic and work-force development	Berufswahlargument	economic argument
Chancengleichheit	equity and social justice		community argument
Problemlösen	competencies and literacies	Problemlöseargument	learning argument
Überfachliche Kompetenzen		Arbeitstechnikargument	organisational argument
Konzeptwissen		Konzeptwissenargument	
Verständnis und Teilhabe	citizenship and civic life	Denkobjektargument	
		Welterklärungs- bzw. Mündigkeitsargument	educational argument
Wissenschaft	scientific, technological and social innovation	Wissenschaftsargument	
Positiver Einfluss auf Schule	school improvement and reform	Konstruktionismusargument	
Lernendeninteresse	fun, fulfillment and personal agency	Interesseargument	learner argument

Tabelle 3.2: Übersicht über verschiedene Strukturierungen der Argumente

Kategoriensystem. Mayring unterscheidet zwischen zwei Verfahren zur Bildung eines Kategoriensystems: Zunächst kann ein Kategoriensystem induktiv auf Basis der Datengrundlage gebildet oder aber deduktiv z. B. aus der Literatur abgeleitet werden. Die zu kodierenden Dokumente werden dann im qualitativen Analyseschritt den entsprechenden Kategorien zugeordnet.

Aufgrund der bereits im Hintergrund beschriebenen Argumentsammlungen konnte für die Analyse der Argumentation auf *inhaltlicher Ebene* (RQ1.1) ausgehend von den Argumentationssammlungen von *Döbeli Honegger (2016)*, *Passey (2017)* und *Vogel, Santo und Ching (2017)* deduktiv ein Kategoriensystem entwickelt werden, indem deren Kategoriensysteme vereinigt wurden. Die Strukturierungen von *Döbeli Honegger (2016)*, *Passey (2017)* und *Vogel, Santo und Ching (2017)* sowie das resultierende Kategoriensystem werden in Tabelle 3.2 gegenübergestellt. Um wichtige Aspekte nicht durch vordefinierte Kategorien zu vernachlässigen, waren induktive Ergänzungen von Kategorien zulässig.

Für die Analyse der *Argumentationsschemata* (RQ1.2) wurde das Modell von *Walton, Reed und Macagno (2008)* aus der Argumentationsforschung, ein häufig genutztes Instrument zur Klassifikation von Argumentationsschemata (vgl. z. B. *Ebenezer und Puvirajah (2005)*, *Duschl, Ellenbogen und Erduran (1999)* oder *Feng und Hirst (2011)*), als Kategoriensystem herangezogen. Argumentationsschemata werden dort zunächst in Schlussfolgern (*Reasoning*), quellenbasierte Argumente (*Source-based Arguments*) und Anwenden von Regeln (*Applying Rules to Cases*) unterteilt (für die Unterkategorien siehe Tabelle 3.1).

Für die Zuordnung von Textstellen zu Kategorien wurde ein Kodierleitfaden erstellt (exemplarisch dargestellt in Tabelle 3.3).

Kodierungsphase. Nach Auswahl des Materials und Festlegung des Kategoriensystems bzw. der Kodierungskriterien erfolgte die eigentliche Analyse mithilfe der Analysesoftware MaxQDA. Im Idealfall konnte jede neu auftretende Kodiereinheit einer der bereits bestehenden Kategorien zugeordnet werden. War dies nicht der Fall, so wurde – zumindest temporär – eine eigene Kategorie angelegt. Zum Abschluss der Analyse eines Dokuments wurden neu entstandene Kategorien erneut betrachtet. Konnte abermals keine Zuteilung zu einer der bestehenden Kategorien gefunden werden, so wurde diese als zusätzliche Kategorie aufgenommen.

3.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die einzelnen identifizierten Argumente (RQ1.1) und die jeweils zugehörigen Argumentationsschemata (RQ1.2) ausgeführt.

Definition	Prototypische Textstelle	Kodierkriterium
Verständnis und Teilhabe	Die Kenntnis, Anwendung und kritische Reflexion der grundlegenden Konstruktionsprinzipien von Informationssystemen dient daher der Lebensvorbereitung und der Orientierung in einer von diesen Systemen geprägten Welt.	Die Konklusion des Arguments besagt, dass sich die digitale Welt/Informatiksysteme/... nur mit Informatik verstehen und mitgestalten lassen, eine mündige Bürgerin bzw. ein mündiger Bürger Informatik benötigt oder Informatik hilft, grundlegende Vorstellungen (etwa von Intelligenz) auszuscharfen.
Argument from Popular Opinion	Unsere Gesellschaft befindet sich an der Schwelle des Übergangs von der Industriegesellschaft zur Informations- und Wissensgesellschaft ...	Eine allgemein akzeptierte Aussage wird zur Unterstützung des Arguments verwendet. (Walton, 2005b)

Tabelle 3.3: Auszug aus dem Kodierleitfaden

3.3.1 Berufs- und Arbeitswelt

Argument. 33 von 50 Dokumenten stützen sich auf das Berufs- und Arbeitsweltargument, welches Anforderungen des Arbeitsmarktes in den Mittelpunkt stellt. Es finden sich dabei mehrere Aspekte: Zum einen wird argumentiert, Informatik helfe, den Fachkräftemangel zu lindern, etwa indem mehr Personen für ein Studium in diesem Bereich gewonnen werden. Zugleich wird argumentiert, sie sei notwendig, um den Wirtschaftsstandort zu erhalten bzw. die Wettbewerbsfähigkeit auch in Zukunft sicherzustellen. Ein realistisches Bild helfe zudem, Studienabbrüche zu verhindern. Eine weitere Facette des Arguments beleuchtet eine persönliche Perspektive: Zukünftig würde jeder informatische Kompetenzen in allen Berufen benötigen. Damit bereite informatische Bildung auch auf die eigene Berufsausbildung bzw. das Studium vor.

Argumentationsschemata. Die Argumentation beim Berufs- und Arbeitsweltargument ist stark praktisch geprägt: Vielfach wird ausgehend von einer Drohsituation argumentiert, die es zu vermeiden gelte (*Argument from Threat*). Es gelte, dem Arbeitsmarkt genügend qualifizierte Arbeitskräfte zur Verfügung zu stellen oder Studienabbrüche zu vermeiden. Auch die weitere Argumentation bedient sich praktischer Gründe: Der wirtschaftliche Ge-

samtschaden falle größer aus als die jetzt notwendigen Investitionen in die Lehrerbildung (*Argument from Consequences*). Gleichzeitig wird auch mithilfe allgemein akzeptierter Aussagen insbesondere hinsichtlich des Fachkräftemangels argumentiert (*Argument from Popular Acceptance*). Zumindest der Werbeeffect für ein Informatikstudium oder der Fachkräftemangel werden zudem durch Studien belegt (*Inductive Reasoning*).

3.3.2 Chancengleichheit

Argument. Das Argument der Chancengleichheit betont, dass informatische Kompetenzen – als wichtige Voraussetzung für Teilhabe in der „digitalen Welt“ – unabhängig von Geschlecht, Herkunft oder sozialen Umständen zugänglich sein müssen. Es wurde in 18 von 50 Dokumenten kodiert, dabei werden in der deutschsprachigen Diskussion insbesondere zwei Aspekte hervorgehoben. Zunächst wird betont, wie wichtig verpflichtende informatische Bildung sei, um bereits früh Interesse zu wecken und so insbesondere Mädchen vor der Pubertät zu erreichen. Außerdem wird argumentiert, dass freiwillige Angebote nur Eliten erreichen und Maßnahmen nötig seien, sodass *alle* davon profitieren können, auch jene, die mit freiwilligen Angeboten meist nicht erreicht werden.

Argumentationsschemata. Für das Argument der Chancengleichheit wird aus der praktischen Notwendigkeit heraus argumentiert, dass gewisse Zielgruppen nicht erreicht werden (*Argument from Consequences*). So würde eine „Digitale Spaltung“ drohen (*Argument from Threat*). Gleichzeitig werden Statistiken zum Frauenanteil in informatiknahen Berufen zum Unterstreichen der Argumentation herangezogen (*Inductive Reasoning*).

3.3.3 Denkweisen

Argument. Das Argument stellt genuin informatische Denkweisen heraus, die Lernende zur effektiven Lösung von Problemen innerhalb der Informatik und darüber hinaus befähigen und wird in 27 Dokumenten ausgeführt. Auch dieses Argument hat mehrere Facetten: Zum einen wird hervorgehoben, dass Informatik sich durch die Kombination mathematischen und ingenieurwissenschaftlichen Problemlösens von anderen Denkweisen abhebt. Zum anderen wird betont, dass damit eine universelle Problemlösekompetenz gefördert wird, die dann in anderen Bereichen angewendet werden kann. Auch der Begriff des Computational Thinking¹¹ wird hier angeführt.

¹¹Mit Computational Thinking werden insbesondere Denkweisen wie Abstraktion bezeichnet, die in der Informatik dem Einsatz des Computers vorausgehen (Wing, 2006; *Computing at School*, 2014).

3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

Argumentationsschemata. Mit informatischen Denkweisen wird ausgehend von Alternativen argumentiert (*Argument from Alternatives*): Nur dedizierte informatische Bildung vermittele diese Denkweisen, andere Fächer seien dazu nicht in der Lage. Gleichzeitig wird auch mithilfe von Analogien argumentiert: Auch die Mathematik habe anerkannte grundlegende Denkweisen, dasselbe gelte auch für die Informatik (*Argument from Analogy*). Teilweise wird das Argument zusätzlich, teilweise auch ausschließlich, mit Beispielen gestützt, etwa welche Problemlösestrategien die Informatik nutzt und wo sich Computational Thinking in anderen Fächern zeigt (*Argument from Example*).

3.3.4 Überfachliche Kompetenzen

Argument. Das Argument besagt, dass die Informatik mit ihren Methoden und Arbeitsweisen zum Erwerb überfachlicher Kompetenzen beitrage. 17 von 50 Dokumenten stützen sich darauf. Dabei werden im Wesentlichen zwei Aspekte ausgeführt: So würde Informatik zur Förderung von Sozialkompetenz und Selbstorganisation beitragen. Seltener wird angeführt, dass informatische Bildung Kreativität fördere.

Argumentationsschemata. Die Förderung von Sozialkompetenz wird durch Projekte begründet, die eine aus der Praxis und Wissenschaft stammende und typische Methode im Informatikunterricht darstellen (*Argument from Example*). Weitere Begründungen, insbesondere Studien, inwiefern informatische Bildung überfachliche Kompetenzen unterstützt, werden nicht angeführt. Die Argumentation nutzt zu einem großen Teil allgemein akzeptierte Aussagen zu Projektarbeit (*Argument from Popular Acceptance*).

3.3.5 Konzeptwissen

Argument. 22 Dokumente argumentieren, dass informatische Bildung für die kompetente Nutzung digitaler Medien bzw. Werkzeuge unerlässlich sei. Diese böte langfristig anwendbares Konzeptwissen, welches nicht an konkrete Produkte oder Medien gekoppelt sei.

Argumentationsschemata. Die Argumentation baut meist auf allgemein akzeptierten Aussagen über Digitalisierung auf (*Argument from Popular Acceptance*). Gleichzeitig werden Alternativen, etwa ein Computerführerschein oder eine ähnliche Anwenderschulung, als unzureichend beschrieben (*Argument from Alternatives*). Zusätzlich werden Beispiele skizziert, für die informatische Kenntnisse benötigt werden, etwa beim Ergreifen von Sicherheitsvorkehrungen in Rechnernetzen (*Argument from Example*).

3.3.6 Verständnis und Teilhabe

Argument. Das Argument betont die Bedeutung informatischer Bildung für Verständnis und Teilhabe an der „digitalen Welt“. Dieses Argument wird in 48 von 50 Dokumenten verwendet. Es zeigt sich in verschiedenen Ausprägungen. In seiner einfachen Form beschränkt sich das Argument darauf, dass informatische Bildung notwendig ist, um die digitale Welt zu verstehen. Erst dann sei es möglich, mündig zu handeln und den digitalen Wandel selbst zu gestalten. Das fast nie genutzte Denkobjektargument betont die Möglichkeit, mit diesem Wissen über Informatik das eigene Verständnis über (menschliche) Konzepte wie Intelligenz zu schärfen.

Argumentationsschemata. Im Kontext des Verständnis- und Teilhabe-Arguments wird vorwiegend über Analogien argumentiert: Genau wie die Chemie oder die Physik bestimmte Aspekte der Welt erkläre, entmystifiziere auch die Informatik einen Teil (*Argument from Analogy*). Seltener erfolgt eine fallbasierte Argumentation über Beispiele (*Argument from Example*). Es wird argumentiert, dass die bestehenden Alternativen keinen ähnlichen Beitrag zur Welterklärung leisten können (*Argument from Alternatives*). Zudem werden Experten zitiert (*Argument from Expert Opinion*) oder mögliche Konsequenzen ausbleibender informatischer Bildung skizziert (*Argument from Consequences*).

3.3.7 Wissenschaft

Argument. Das Wissenschaftsargument fußt auf der Bedeutung der Informatik als Innovationstreiber in vielen anderen Bereichen und besagt, dass sich mit informatischen Methoden, insbesondere Simulationen oder Datenanalysen, neue wissenschaftliche Erkenntnisse gewinnen lassen. Lediglich 8 Dokumente verwenden dieses Argument.

Argumentationsschemata. Die Argumentation stützt sich auf allgemein akzeptierte Aussagen über die stetig steigende Datenmenge (*Argument from Popular Acceptance*). Gleichzeitig werden oft Beispiele angeführt, in denen informatische Methoden zu einem Erkenntnisgewinn in den unterschiedlichsten Wissenschaften beitragen (*Argument from Example*). Dabei gebe es keine Alternative, denn das Potenzial könne ausschließlich mit ausreichend informatischer Bildung genutzt werden (*Argument from Alternatives*).

3.3.8 Positiver Einfluss auf Schule und Lernen in anderen Fächern

Argument. 30 von 50 Dokumenten begründen die Bedeutung informatischer Bildung mit ihrem positiven Einfluss auf das Lernen in anderen Fächern bzw. die Institution Schule im Allgemeinen. In seiner häufigsten Ausprägung wird erläutert, dass Informatik ein wichtiges systematisierendes und vernetzendes Element schulischer Bildung darstelle. Darüber hinaus wird betont, dass Informatik das Lernen in anderen Fächern unterstützt bzw. Gelerntes in anderen Fächern angewendet werden kann. Gleichzeitig sei Informatik notwendig, um Informatiksysteme in anderen Fächern adäquat nutzen zu können. Weiterhin wird der positive Einfluss von Informatik auf Schule im Allgemeinen beschrieben, da nur Informatik bestimmte, wichtige Aufgaben schulischer Bildung erfüllen könne.

Argumentationsschemata. In Verknüpfung mit dem Konzeptwissenargument wird argumentiert, dass nur die Informatik eine entsprechende Handlungskompetenz im Umgang mit Informatiksystemen in anderen Fächern schaffen könne (*Chained Argument*). Außerdem gäbe es keine Alternativen, da nur Informatik digitale Medien zum Gegenstand des Unterrichts mache (*Argument from Alternatives*). Um zu begründen, dass Informatik ein systematisierendes Element schulischer Bildung darstellt, wird die Analogie zur Mathematik gesucht (*Argument from Analogy*) oder dies anhand von Beispielen expliziert (*Argument from Example*).

3.3.9 Lernendeninteresse

Argument. Das Argument stellt den Lernenden in den Mittelpunkt: So wird dargelegt, dass die Lernenden selbst Interesse an der Informatik zeigen und wissen wollen, wie etwas funktioniert. Weiterhin sei die Informatik eine attraktive Disziplin: Es mache Spaß und Sorge für persönliche Zufriedenheit und bereichere damit die Ausbildung. Dieses Argument findet sich in 12 untersuchten Dokumenten.

Argumentationsschemata. Die Argumentation beruht hauptsächlich auf allgemein akzeptierten Aussagen oder Meinungen (*Argument from Popular Acceptance*). In einigen Fällen wird auch mit Beispielen, etwa aus der Programmierung, argumentiert, aus denen die Faszination der Lernenden oder die Möglichkeiten zur persönlichen Entfaltung hervorgehen sollen (*Argument from Example*). In einigen wenigen Fällen wird das Argument mit konkreten Zahlen zur Belegung von Wahlfachunterricht im Bereich Informatik unterstrichen (*Inductive Reasoning*).

3.3.10 Weitere Argumente

Obwohl mit den ursprünglichen Kategorien bereits ein großer Teil der vorgebrachten Argumente erfasst werden konnte, ergab sich während der Analyse die Notwendigkeit, zusätzliche Kategorien einzuführen. Das „Andere Länder machen es vor“-Argument beschreibt, dass informatische Bildung für alle in anderen Ländern bereits Normalität ist (*Arguments Based on Cases*). Das „Die Zeit ist reif“-Argument betont, dass Informatik auf gesicherten Erkenntnissen aufbauen kann und es mittlerweile genügend Vorarbeiten für die Umsetzung informatischer Bildung gäbe. Das Sprachenargument besagt, dass das Programmieren eines Computers mit dem Lernen einer Sprache vergleichbar sei und argumentiert, dass es keinen Grund gäbe, jungen Menschen diese Sprache vorzuenthalten.

3.4 Diskussion

Betrachtet man die Art und Weise der Argumentation, so zeigt sich, dass vier Argumentationsschemata dominieren: Die Argumentation ist von praktischen Überlegungen geprägt (*Practical Reasoning*). Zudem werden Expertenmeinungen (*Argument from Position to Know*) und noch stärker allgemein akzeptierte Aussagen (*Arguments from Popular Acceptance*) als Prämissen genutzt. Eine weitere beliebte Form der Argumentation nutzt konkrete Beispiele, Präzedenzfälle oder Analogien zu anderen Fächern und Disziplinen (*Arguments Based on Cases*). In den untersuchten Dokumenten wird kaum evidenzbasiert argumentiert. Obgleich etwa das Konzeptwissensargument zusätzlich durch empirische Befunde belegt werden könnte (Voß, 2003), erfolgt dies nicht.

In den Dokumenten werden die einzelnen Argumente teilweise verknüpft. So wird etwa das Konzeptwissensargument in seiner ursprünglichen Form kaum noch verwendet. In aktuelleren untersuchten Dokumenten wird es eher als Zusatz in der Argumentation des Verständnis- und Teilhabearguments herangezogen, wobei der Fokus auf dem *mündigen* Umgang mit Informatiksystemen liegt.

Bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs stellt man fest, dass sich auch die Argumente gewandelt haben. Gerade in den letzten fünf Jahren hat der Begriff des Computational Thinking in den untersuchten Dokumenten an Bedeutung gewonnen. Im Unterschied zu älteren Dokumenten kommt hierbei der Übertragbarkeit informatischer Denkweisen auf Probleme außerhalb der Informatik eine größere Bedeutung zu. Generell zeigt sich in den letzten Jahren ein Wandel in den verwendeten Begrifflichkeiten: von der „Erklärung alltäglicher Informatiksysteme“ hin zur „Erklärung der digitalen Welt“. Während Argumente wie das Konzeptwissensargument in ihrer ursprünglichen Form also seltener verwendet werden, ist die Bedeutung anderer gestiegen: So ist das Argument, dass die persönlichen

3 Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

Interessen des Lernenden angesprochen werden, vor allem in aktuellen Dokumenten zu finden. Und obgleich Themen wie Simulationen als Teil der Informatik auch in den älteren Dokumenten genannt werden, findet es als explizites Wissenschaftsargument erst in aktuelleren Dokumenten Verwendung.

Obwohl ein großer Teil der untersuchten Dokumente für Informatik als verpflichtendes Schulfach argumentiert, lässt sich ein Teil der Argumentation, gerade vor dem Hintergrund der im letzten Absatz beschriebenen Veränderungen in der Argumentation nun auch direkt auf die Rolle der Informatik für Bildung in der digitalen Welt übertragen. So bildet die Informatik spezifisch informatische Denkweisen heraus, die Lernende zur effektiven Lösung von Problemen über die Informatik hinaus befähigen, also entsprechende Problemlöse- und Analysekompetenzen ausbilden. Gleichzeitig trägt Informatik zum Erwerb überfachlicher Kompetenzen etwa durch Arbeitsweisen wie die kollaborative Projektarbeit im Sinne der digitalen Bildung zum Erwerb klassischer Kompetenzen im Bereich der sozialen, personalen oder kreativen Kompetenzen bei. Langfristig anwendbares Konzeptwissen macht unterrichtliche Anstrengungen nicht an konkreten Produkten oder Medien fest und fördert so Kompetenzen in der Anwendung digitaler Systeme. Informatik ist außerdem notwendig, um die digitale Welt zu verstehen bzw. mündig zu handeln und sich darauf aufbauend in allen Fächern mit fachlich digitalen Themen auseinanderzusetzen, die im Zuge der Digitalisierung in den verschiedenen Schulfächern relevant werden. Informatik ist demnach wesentlich für Reflexions- und Bewertungskompetenzen sowie technologische bzw. gestalterische Kompetenzen im Sinne der digitalen Bildung. Zuletzt hat die Informatik mit Simulationen oder Datenanalysen nicht nur die Wissenschaft verändert, sondern auch methodische Möglichkeiten für andere Schulfächer eröffnet. Ein positiver Einfluss auf Schule und das Lernen in anderen Fächern ergibt sich auch aus dem vernetzten Charakter der Informatik und der Tatsache, dass Methoden bzw. Inhalte dort ebenfalls angewendet oder in Bezug gesetzt werden können. Das zunehmend stärker präsente Wissenschaftsargument weist darauf hin, dass Informatik zunehmend auch für digitale fachliche Kompetenzen grundlegend ist.

Eine mögliche Einschränkung der Validität dieser Untersuchung könnte die Auswahl der Dokumente darstellen, da diese vor allem den Zeitraum der letzten 25 Jahre abdecken. Da allerdings eine große Übereinstimmung mit bestehenden Kategoriensystemen besteht, kann zumindest von einer ausreichenden Repräsentativität der Auswahl ausgegangen werden.

3.5 Fazit

Das Kapitel zeigt, dass sich ein großer Teil der im untersuchten Korpus verwendeten Argumente auf Verständnis und Teilhabe an der „digitalen Welt“ und den Arbeitsmarkt

bzw. die Berufswelt konzentriert. Argumente, die auf überfachliche Kompetenzen, das Interesse der Lernenden oder den Einfluss auf die Wissenschaft abzielen, werden dagegen seltener verwendet.

Betrachtet man die zugrunde liegenden Argumentationsschemata, zeigt sich, dass vorwiegend pragmatisch argumentiert wird: Statt Vorzüge zu belegen bzw. zu begründen, wird häufig eher ausgehend von zu vermeidenden Folgen, ungeeigneten Alternativen oder drohenden Konsequenzen argumentiert. Anstelle von empirischen Belegen werden Aussagen verstärkt durch Beispiele oder Analogien gestützt. Es wird damit kaum evidenzbasiert argumentiert. Trotzdem erlauben die Argumentationsschemata nachzuvollziehen, inwiefern Informatik einen Beitrag zu Bildung in der digitalen Welt leisten kann. Am Beispiel des Arguments zu *überfachlichen Kompetenzen*, das u. a. durch Beispiele gestützt wird, zeigt sich etwa, dass der Aufbau von Sozialkompetenz durch Projekte im Informatikunterricht gefördert wird.

Die Ergebnisse geben Einblick in die in der Diskussion um einen verpflichtenden Informatikunterricht verwendeten Argumente und zeigen, welche Aspekte besonders herausgestellt werden und wie die Argumentation geführt wird. Nicht zuletzt stellt dieser Abschnitt damit auch dar, welche Aspekte der Informatik als allgemeinbildend wahrgenommen werden, warum „Informatik für alle“ wichtig ist und welchen Beitrag informatische Bildung zu Bildung in der digitalen Welt leisten kann. Im Hinblick auf das Ziel dieser Arbeit zeigt sich, dass Informatik so digitale Kompetenzen zum Verständnis und der Gestaltung der digitalen Welt stärkt, darüber hinaus aber vor allem auch zunächst klassische Kompetenzen fördert, die hier oft als überfachliche Kompetenzen bezeichnet werden und, wie bereits im Rahmen der Analyse der Dokumente zur Lehrerbildung angedeutet, die Basis für digitale fachliche Kompetenzen bildet, die in der digitalen Welt immer wichtiger werden. Die Argumentationsschemata wiederum geben Hinweise darauf, wie dieser Beitrag erfolgen kann bzw. weshalb hier insbesondere informatische Bildung gefragt ist.

4 Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften

Wie in Kapitel 2 herausgearbeitet, werden im Zuge der digitalen Transformation vermehrt neue Anforderungen an Lehrkräfte gestellt. So sollten Lehrkräfte beispielsweise über medienbezogene informatische Kenntnisse etwa zu Grundlagen des Internets und Algorithmen oder über medienbezogene fachliche Kenntnisse etwa zu digitalen Methoden und Werkzeugen im eigenen Fach verfügen. Da Lehrkräfte in ihrer Ausbildung bislang oft nicht entsprechende Kompetenzen erwerben konnten, besteht entsprechender Bedarf an informatischen Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten. Die Entwicklung geeigneter Aus- und Weiterbildungsangebote erfordert es, die Ansichten, Einschätzungen und Bedürfnisse von Lehrkräften zu berücksichtigen. Bisher fehlen jedoch Erkenntnisse darüber, wie die Anforderungen an Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung von Lehrkräften wahrgenommen werden, wie Lehrkräfte Digitalisierung und die daraus erwachsenden Herausforderungen einschätzen und welche Voraussetzungen sie mitbringen.

Vor diesem Hintergrund werden in diesem Kapitel Ansichten und Einschätzungen von Lehrkräften zu Digitalisierung und den daraus erwachsenden Herausforderungen sowie zu informatischer Bildung untersucht. Da Lehrkräfte zukünftig zusätzliche digitale Kompetenzen benötigen, werden – anknüpfend an Erkenntnisse, über welche Kompetenzen Lehrkräfte verfügen müssen, um Schülerinnen und Schüler auf eine digitalisierte Welt vorzubereiten – außerdem Selbsteinschätzungen bezüglich der individuellen Kompetenzen erhoben. Damit soll die folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

- (RQ2) Wie werden Anforderungen an Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung von Lehrkräften wahrgenommen und welche Voraussetzungen für das Unterrichten in der digitalen Welt bringen sie mit?

Hierzu wurde eine Fragebogenstudie konzipiert, die sich an Grund- und Mittelschullehrkräfte richtet. Im Gegensatz zu höheren Klassenstufen, in denen – zumindest in einigen Bundesländern – ein Schulfach Informatik existiert, ist informatische Bildung gerade in Grundschulen trotz jüngster Bestrebungen im Bereich digitaler Bildung noch kaum etabliert. Entsprechend sind damit keine durch entsprechende curriculare Vorgaben geprägten Haltungen und Einschätzungen zu erwarten, weshalb die Auswahl zur Beantwortung der Forschungsfrage geeignet scheint. Die Ergebnisse helfen nicht nur Bedarfe zu identifizieren,

4 Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften

sondern auch Aus- und Weiterbildungsangebote an die Ansichten und Bedürfnisse von Lehrkräften anzupassen.

4.1 Methodik

Die Untersuchung folgte einem Querschnittsdesign, bei dem eine Stichprobe zu einem Zeitpunkt befragt wird, um eine „Momentaufnahme“ zu erhalten. Konkret wurde eine quantitative, schriftliche Befragung mithilfe von Fragebögen vorgenommen (Döring und Bortz, 2016). Dabei erfolgte eine getrennte Befragung von Schulleiterinnen und Schulleitern bzw. Lehrerinnen und Lehrern. Während Schulleitungen um Einschätzungen für die gesamte Schule gebeten wurden, sollten Lehrkräfte den eigenen Unterricht bzw. die eigenen Kompetenzen einstufen.

In einem ersten Schritt wurde die Befragung mit Schulleitungen über einen Online-Fragebogen durchgeführt. So konnte die Untersuchung vorab pilotiert werden. Nach einer Optimierungs- und Adaptionphase des Instruments wurde die Befragung in einem zweiten Schritt auf Lehrkräfte ausgeweitet. Bei der Befragung der Lehrkräfte wurde auf eine Online-Befragung zugunsten einer Befragung in Papierform verzichtet, um Schulleiterinnen und Schulleitern einen Überblick über die an ihrer Schule erfassten Fragebögen zu ermöglichen und so die Zahl der Rückläufer zu erhöhen. In einem letzten Schritt wurden auch Lehrkräfte einer Projektschule zu digitaler Bildung befragt. An dieser werden digitale Endgeräte ab der ersten Jahrgangsstufe aktiv eingesetzt. Das gesamte Untersuchungsdesign ist in Abb. 4.1 dargestellt.



Abbildung 4.1: Untersuchungsdesign

4.1.1 Erhebungsinstrument

Die Befragung wurde mittels eines geschlossenen Fragebogens realisiert. Dieser enthielt insgesamt 103 Einzelfragen, die sich auf die folgenden Bereiche aufteilen:

1. Fragen zur technischen Ausstattung und Organisation basierend auf dem Monitor Digitale Bildung (*Schmid, Goertz und Behrens, 2017*)
2. Einschätzungen zu Digitalisierung sowie den daraus erwachsenden Herausforderungen basierend auf den von *Döbeli Honegger (2016)* genannten Thesen
3. Einschätzungen der eigenen digitalen Kompetenzen basierend auf den Kernkompetenzen für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt (*Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern, 2017*)
4. Einschätzungen zu Informatik in der Grundschule mit Bezug auf informatische Denk- und Arbeitsweisen (auch *Computational Thinking*) basierend auf der Definition, die im britischen Grundschullehrplan verwendet wird (*Computing at School, 2014*)
5. Allgemeine statistische Fragen

Ein Überblick über den Aufbau der Fragebögen ist in Abbildung 4.2 dargestellt. Die Ergebnisse aus den Bereichen 1 und 5 dienen vor allem der Beschreibung der Stichprobe und der Absicherung der Repräsentativität, während der inhaltliche Fokus auf den Bereichen 2 bis 4 liegt. Der Gesamtfragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter findet sich in Anhang A, der für Lehrkräfte in Anhang B.

Für die Beantwortung von Einschätzungsfragen wurden vier- bzw. sechsstufige Likert-Skalen verwendet. Die Antwortmöglichkeiten, etwa nach der Zustimmung zu einer bestimmten Aussage, sind dabei zunächst lediglich ordinalskaliert. Die Formulierungen der Antworten und auch die Visualisierung auf dem Fragebogen wurden jedoch so gewählt, dass die ausfüllende Person diese als äquidistant (gleiche Abstände zwischen den Antwortmöglichkeiten) wahrnimmt. Daher können die Ergebnisse im Folgenden auch als intervallskaliert betrachtet werden (*Hussy, Schreier und Echterhoff, 2010*). Für die Untersuchung verschiedener Zusammenhänge wurden zudem Indizes gebildet. In solchen Fällen wurde die Zustimmung zu Items eines Blocks gemittelt.

4.1.2 Stichprobe

Die Stichprobe umfasst alle Grund- und Mittelschulen aus einem städtischen und einem ländlichen bayerischen Schulbezirk. Wie die Auswertung zeigt, unterscheiden sich die untersuchten Schulen dabei hinsichtlich technischer Ausstattung, WLAN, Weiterbildungsangeboten und Support nicht signifikant von denen im Monitor Digitale Bildung der Bertelsmann Stiftung (*Schmid, Goertz und Behrens, 2017*), weshalb die Stichprobe im Hinblick auf diese Kriterien als repräsentativ angesehen werden kann.

4 Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften

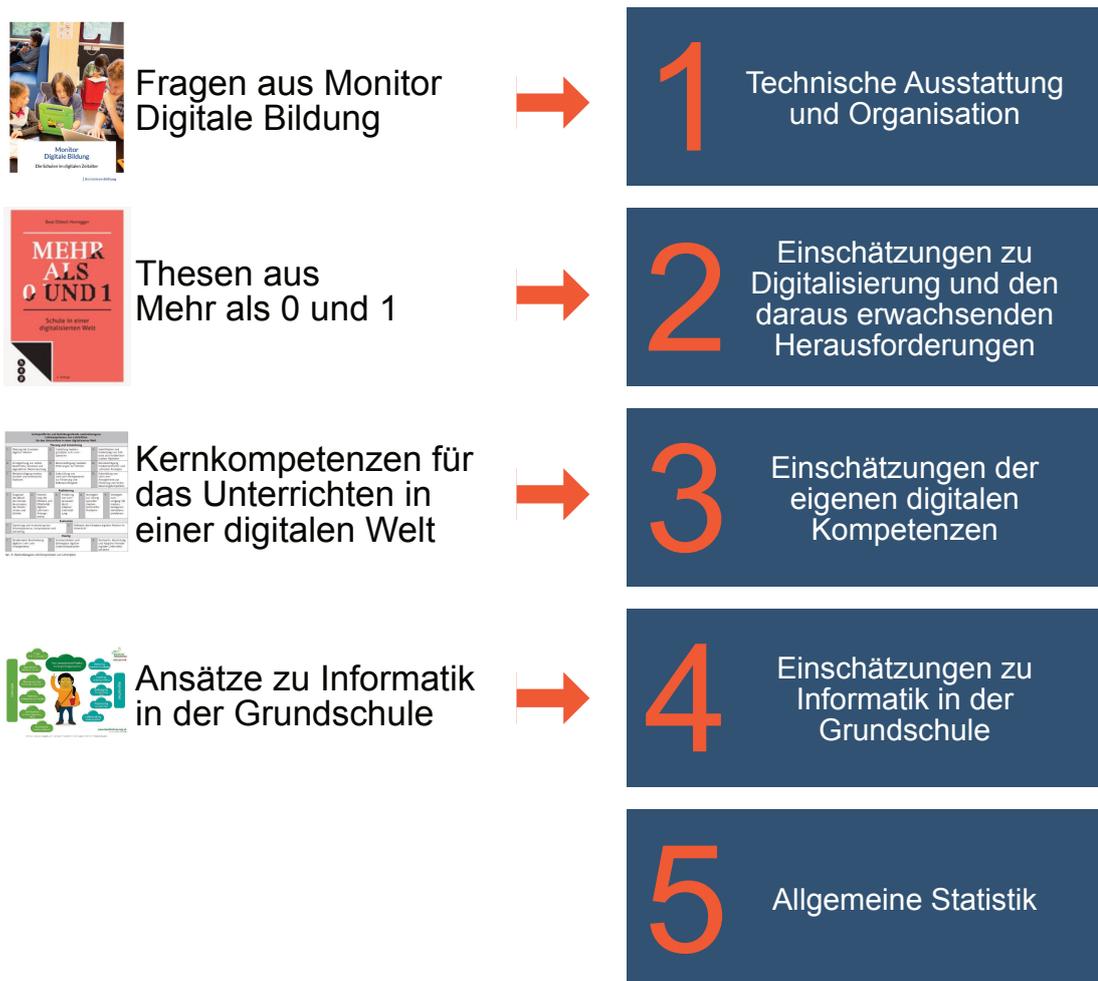


Abbildung 4.2: Bereiche des Fragebogens

Die Umfrage fand im März und April 2018 statt und wurde gemeinsam mit dem örtlichen Schulamt durchgeführt. Die Befragung erreichte in der ersten und zweiten Phase 48 Schulen und damit 48 Schulleiterinnen bzw. Schulleiter und 997 Lehrkräften. Die Rücklaufquote unter den Schulleiterinnen und Schulleitern lag bei 96%, unter den Lehrkräften bei 58%. Der Bearbeitungszeitraum betrug jeweils drei Wochen.

Anschließend wurde die Befragung an der Projektschule für digitale Bildung durchgeführt. Hierbei betrug die Rücklaufquote 100%, was 14 teilnehmenden Lehrkräften entspricht.

Unter allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern gaben 79% an, weiblich und 13% männlich zu sein. Die restlichen Befragten machten keine Angabe. Ein Großteil der befragten

Lehrkräfte unterrichtete an Grundschulen (83%). 71% verfügten über mehr als 10 Jahre Unterrichtserfahrung.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Einschätzungen zu Digitalisierung und den daraus erwachsenden Herausforderungen

Lehrkräfte assoziieren Digitalisierung mit Veränderungen. Eine der zu beurteilenden Thesen war, dass Computer zunehmend unser Denken und Handeln prägen. Dieser Aussage stimmt auch die Mehrheit der befragten Lehrkräfte zu (88%). Gleichzeitig sind Lehrkräfte der Meinung, dass Computer bzw. digitale Medien auch den Sozialisationsprozess junger Menschen beeinflussen. So besteht bei allen Befragten Einigkeit, dass Kinder und Jugendliche aufgrund der ständigen Verfügbarkeit vernetzter, digitaler Medien heute anders sozialisiert werden als noch vor 10 Jahren (99%). Außerdem stimmen die Befragten mehrheitlich der These zu, dass ähnlich wie bestimmte technologische Entwicklungen kaum vorhersehbar waren, auch Umfang, Ende und Konsequenzen der Digitalisierung nur schwer abschätzbar sind (88%).

Digitale Medien nur bedienen können reicht nicht. Digitales prägt die Alltagsrealität der Schülerinnen und Schüler und gehört deshalb auch in die Schule. So stimmen 96% der Lehrkräfte sowie alle Schulleitungen der befragten Grundschulen der Aussage zu, dass digitale Kompetenzen heute eine notwendige Kulturtechnik darstellen (vgl. Abb. 4.3). Dabei sind sich die befragten Lehrkräfte einig, dass die Anforderungen weit über die Bedienung digitaler Geräte hinausgehen (91%). Wichtiger als der effektive und effiziente Umgang (69%, vgl. Zustimmung zur Aussage „GrundschülerInnen müssen lernen, digitale Medien effektiv und effizient zu nutzen.“ in Abb. 4.3) ist ein Grundverständnis des Digitalen (80%) sowie die eigene Nutzung digitaler Medien zu reflektieren und deren Bedeutung kritisch zu hinterfragen.

Zunächst „nicht-digitale“ Kompetenzen werden wichtiger. Lehrkräfte nehmen dabei auch geänderte Anforderungen an Bildung insgesamt wahr. Der Aussage, dass auch klassische Kompetenzen wie Kreativität, Teamfähigkeit und Sozialkompetenz in einer digitalisierten Gesellschaft immer wichtiger werden, stimmen 72% der Lehrkräfte und 76% der Schulleitungen zu. Die Fähigkeit, präsentieren und kommunizieren zu können, halten 88% respektive 93% für deutlich wichtiger als früher.

4 Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften

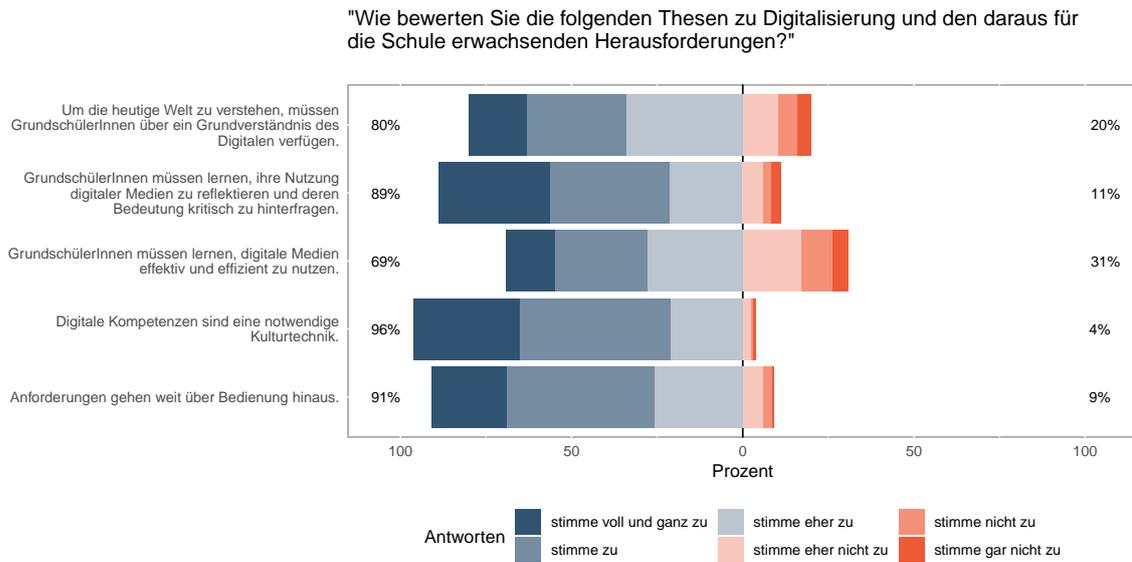


Abbildung 4.3: Thesen zu Digitalisierung und den daraus für die Schule erwachsenden Herausforderungen

Die eigene Unterrichtserfahrung ist geprägt von der Nutzung digitaler Medien. Während Lehrkräfte zwar der Meinung sind, dass die Anforderungen in der digitalen Welt über die Bedienung digitaler Systeme hinausgehen und ein Grundverständnis des Digitalen unverzichtbar ist, zeigen die Antworten, dass die eigene Unterrichtspraxis insbesondere von der Anwendung bzw. Nutzung digitaler Medien geprägt ist. So geben beispielsweise 75% der Lehrkräfte an, digitale Lernspiele zu nutzen, während nur 5% der Befragten von eigenen Erfahrungen mit dem Einsatz von programmierbaren Robotersystemen oder Microcontrollern wie dem Calliope Mini anführen.

Die Ergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte digitaler Bildung offen gegenüberstehen. Ihre Ansicht zu digitaler Bildung beschränkt sich dabei nicht auf die Nutzung digitaler Medien, sondern bezieht ein Grundverständnis des Digitalen und technologische Kompetenzen genauso mit ein wie ein Reflektieren und kritisches Hinterfragen. Außerdem sehen Lehrkräfte geänderte Anforderungen an Bildung insgesamt und betonen daher die gestiegene Bedeutung klassischer Kompetenzen. Die Ansichten und Einschätzungen von Lehrkräften decken sich also mit den in Kapitel 2.2.1 identifizierten notwendigen Kompetenzen in der digitalen Welt. Dementsprechend ist eine Offenheit gegenüber entsprechenden Angeboten zu erwarten. Da sich die eigene Erfahrung gleichzeitig jedoch oft stark auf die Nutzung digitaler Medien bezieht, ist in Aus- und Weiterbildungsangeboten darauf zu achten, den Lehrkräften über die reine Nutzung digitaler Medien hinausgehende Erfahrungen zu ermöglichen.

4.2.2 Einschätzungen zu Informatik in der Grundschule

77% sprechen sich für Informatik in der Grundschule aus. Im Zuge digitaler Bildung sprechen sich mehr als 77% der befragten Lehrkräfte für einen Informatikunterricht in der Grundschule aus. Unter den Schulleiterinnen und Schulleitern sind es sogar über 90%. Dabei ist diese Zustimmung unabhängig vom Alter bzw. der Unterrichtserfahrung der befragten Person (Kruskal-Wallis-Test: $\tilde{\chi}^2 = 2,3909$, $df = 4$, $p = 0,6643$ bzw. $\tilde{\chi}^2 = 5,0531$, $df = 5$, $p = 0,4094$). Informatische Grundlagen für das Verständnis der digitalen Welt sollten laut Einschätzung der Mehrheit der befragten Lehrkräfte bereits ab der 3. Klasse erfolgen (vgl. Abb. 4.4). Ein signifikanter Unterschied zwischen der Einschätzung von Grund- und Mittelschullehrkräften ist hier nicht festzustellen. An der Projektschule, die bisher vor allem im Bereich Einsatz digitaler Medien im Unterricht Erfahrung sammeln konnte, sprechen sich nicht nur 100% der Lehrkräfte für Informatik in der Grundschule aus, sie setzen Informatik auch früher an: 50% sprechen sich für Informatik ab der 1. Klasse und 30% ab der 2. Klasse aus.

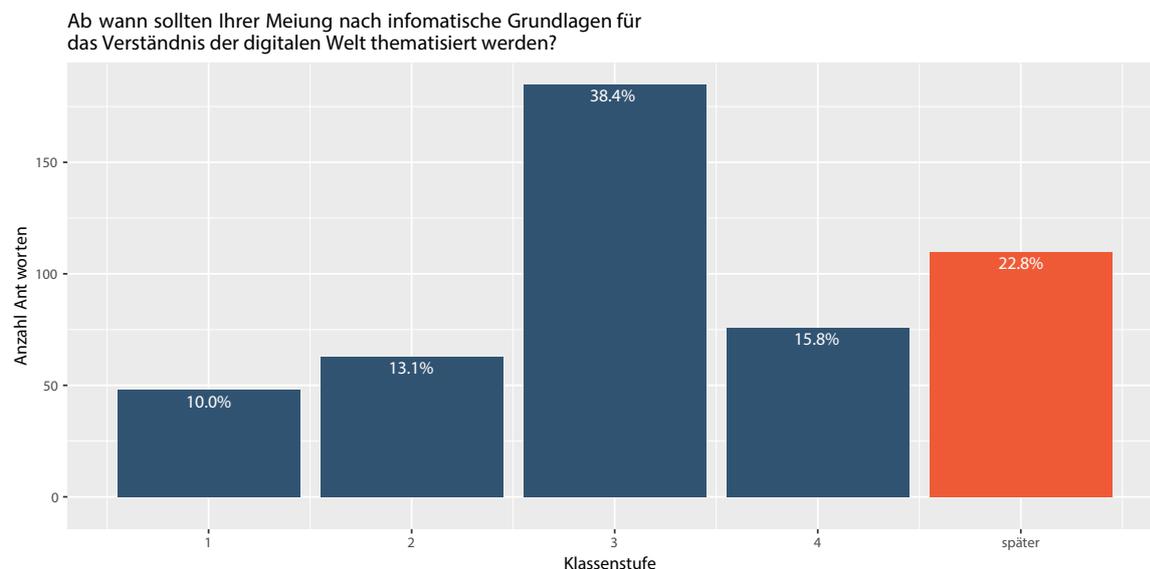


Abbildung 4.4: Beginn informatischer Bildung in der Schule aus Phase 2 der Befragung

Anschlussfähigkeit informatischer Denk- und Arbeitsweisen in der Grundschule. Informatische Denk- und Arbeitsweisen werden als wesentlicher Beitrag informatischer Bildung zu digitaler Bildung verstanden (vgl. Kapitel 3) und in Ländern wie Großbritannien unter dem Begriff des Computational Thinking bereits ab der ersten Klasse unterrichtet (*Computing at School, 2014*). Betrachtet man die Zustimmung zu den verschiedenen

4 Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften

Denk- und Arbeitsweisen, zeigt eine mit dem k-Means-Algorithmus durchgeführte Cluster-Analyse, dass sich die Stichprobe der befragten Lehrkräfte bei dieser Frage in zwei Gruppen teilt (Silhouttenkoeffizient $S = 0,40$)¹²: Während 79 % der Lehrkräfte jeweils die überwiegende Mehrheit der Computational Thinking Denk- und Arbeitsweisen als (eher) anschlussfähig sehen, stehen 21% der Befragten der Anschlussfähigkeit des Computational Thinking eher skeptisch gegenüber. Es zeigen sich jedoch Unterschiede zwischen der Anschlussfähigkeit der verschiedenen Denk- und Arbeitsweisen: Abstraktion, Algorithmen, Dekomposition und Kollaboration werden in der Grundschule als weniger anschlussfähig gesehen als etwa logisches Schlussfolgern, Kreativität oder systematisches Ausprobieren. Weiterhin zeigt sich, dass die eigenen Kompetenzen bzw. deren Einschätzung auch Einfluss auf die Einschätzung der Anschlussfähigkeit informatischer Denk- und Arbeitsweisen haben. Es gibt eine geringe bis mittlere Korrelation zwischen der Anschlussfähigkeit von informatischen Denkweisen und den eigenen Kompetenzeinschätzungen (H_0 : Es gibt keinen Zusammenhang (Korrelation ist 0), $r = 0,33$, $p < 0,001$)¹³. An der Projektschule zeigte sich hingegen ein sehr eindeutiges Bild: Alle unter Computational Thinking geführten Denk- und Arbeitsweisen wurden hier in der Grundschule als sehr anschlussfähig eingestuft.

Nach Einschätzung der Lehrkräfte sollten informatische Kompetenzen so früh wie möglich vermittelt werden. Wie die Einschätzungen der Anschlussfähigkeit zeigen, hält die Mehrheit der Lehrkräfte informatische Denk- und Arbeitsweisen in der Grundschule für anschlussfähig – Lehrkräfte der Projektschule sogar in überwiegendem Maße. Daher benötigen auch Grundschullehrkräfte entsprechende informatische Grundlagen, die sie im Rahmen ihrer Ausbildung erwerben müssen. Dennoch ist ein Teil der Befragten skeptisch, weshalb auch diese Skepsis in Aus- und Weiterbildungsangeboten berücksichtigt werden muss.

4.2.3 Einschätzung der eigenen Kompetenzen

Bezüglich der Einschätzungen der eigenen Kompetenzen zeigt sich, dass hier zunächst ein grundlegendes Verständnis digitaler Medien (69% stimmen mindestens eher zu) und entsprechende Problemlösekompetenzen im Umgang mit technischen Problemen (83% stimmen mindestens eher zu) fehlen. Weiterhin ist festzustellen, dass Lehrkräfte ihre Kompetenzen in den KMK-Kompetenzbereichen (*Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2016*) wie dem Kommunizieren und Kooperieren mit digitalen Medien, dem Produzieren und Präsentieren mit digitalen Medien oder dem Analysieren von bzw. Diskutieren sowie Reflektieren über digitale Medien eher hoch (siehe

¹²Die optimale Anzahl an Clustern wurde mit der R-Funktion *fviz_nbclust* aus dem *factoextra*-Paket (*Kassambara und Mundi, 2017*) auf Basis des durchschnittlichen Silhouttenkoeffizienten ermittelt.

¹³Auf Basis des *p*-Wertes wird zugunsten der Alternativhypothese H_1 (Korrelation ist ungleich 0) entschieden (*Groß, 2010*).

Abbildung 4.5), in den für das Unterrichten in der digitalen Welt notwendigen Kompetenzen hingegen weitaus niedriger einschätzen (siehe erneut Abbildung 4.5): Während dort aber zumindest 51% ihre medienbezogenen pädagogisch-psychologischen Kenntnisse noch eher hoch oder besser einschätzen, werden medienbezogene informatische, fachliche und fachdidaktische Kenntnisse mehrheitlich als niedrig eingeschätzt. Insbesondere bei den medienbezogenen fachlichen Kenntnissen schätzen besonders viele Befragten (84%) ihre Kenntnisse mindestens eher niedrig ein.

Betrachtet man die Antworten innerhalb der einzelnen Altersgruppen, so zeigt sich, dass Lehrerinnen und Lehrer ihre Kompetenzen mit zunehmendem Alter geringer einschätzen (H_0 : Es gibt keinen Zusammenhang (Korrelation ist 0), $r = 0,36$, $p < 0,001$). Dabei schätzen jüngere Lehrkräfte ihre Kompetenzen jedoch vor allem in den KMK-Bereichen höher ein als ihre älteren Kolleginnen und Kollegen, im Bereich der für das Unterrichten in der digitalen Welt notwendigen Kompetenzen wie den medienbezogenen informatischen oder medienbezogenen fachdidaktischen Kenntnissen zeigen sich indes keine Unterschiede. Hier werden die eigenen Kompetenzen über alle Altersgruppen hinweg generell eher niedrig eingeschätzt.

Vor diesem Hintergrund sieht eine Mehrheit der befragten Lehrkräfte Digitalisierung als unverzichtbaren Bestandteil von Lehrerfortbildungen. Gleichzeitig vertreten 77% der Lehrkräfte und 68% der Schulleitungen die Meinung, es fehle derzeit an entsprechenden Weiterbildungsangeboten.

Die Ergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte und Schulleitungen eine starke Notwendigkeit an Aus- und Weiterbildungsangeboten für das Unterrichten in der digitalen Welt sehen. Dabei sollte der Fokus in Aus- und Weiterbildung insbesondere auf medienbezogenen fachlichen, informatischen und fachdidaktischen Kenntnissen liegen. Denn während jüngere Lehrkräfte die eigenen Kompetenzen in den KMK-Bereichen zwar deutlich höher einstufen als ihre älteren Kolleginnen und Kollegen, zeigen sich bei der Beurteilung ihrer Kompetenzen im Bereich medienbezogener fachlicher, fachdidaktischer bzw. informatischer Kenntnisse kaum Unterschiede. Dies deutet darauf hin, dass Lehrkräfte diese Kenntnisse aktuell noch nicht im Studium erwerben können und es nicht nur an Weiterbildungsangeboten, sondern auch an entsprechenden Angeboten im Studium fehlt.

4.3 Fazit

Aus der quantitativen Erhebung mittels eines geschlossenen Fragebogens und deren Auswertung ergeben sich drei Schlussfolgerungen, die im Rahmen dieser Arbeit relevant sind. Erstens zeigt die Erhebung der Ansichten und Einschätzungen von Lehrkräften zur Umsetzung digitaler Bildung, dass Lehrkräfte digitaler Bildung offen gegenüberstehen. Da-

4 Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung aus Sicht von Lehrkräften

bei verdeutlichen die Antworten, dass Lehrkräfte nicht nur die Meinung vertreten, dass Digitales die Alltagsrealität der Schülerinnen und Schüler prägt, sondern dass ein Grundverständnis des Digitalen und technologische Kompetenzen genauso wie ein Reflektieren und kritisches Hinterfragen im Sinne der Reflexions- und Bewertungskompetenzen und damit Kompetenzen weit über die Bedienung digitaler Geräte hinaus notwendig sind. Damit deckt sich die Wahrnehmung der Lehrkräfte von Anforderungen an Bildung in der digitalen Welt mit den vorab in dieser Arbeit herausgearbeiteten notwendigen Kompetenzen für das Leben in der digitalen Welt. Dementsprechend ist eine Offenheit gegenüber entsprechenden Aus- und Weiterbildungsangeboten zu erwarten.

Zweitens sieht die Mehrheit der befragten Lehrkräfte informatische Bildung in einer grundlegenden Rolle für digitale Bildung und stuft informatische Aspekte bereits in der Grundschule als zentral ein, obwohl Informatik in der Grundschule bisher kaum etabliert ist. Dies deutet darauf hin, dass die befragten Lehrkräfte die Notwendigkeit sehen, informatische Bildung möglichst früh in der Schullaufbahn zu verankern. Daher gilt es entsprechende Aus- und Weiterbildungsangebote insbesondere auch für Grundschullehrkräfte verfügbar zu machen. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse bei den Einschätzungen der Anschlussfähigkeit, dass – obgleich die Mehrheit informatische Denk- und Arbeitsweisen in der Grundschule als anschlussfähig einstuft – ein Teil der Lehrkräfte skeptisch ist. Dieser Skepsis sollte in Aus- und Weiterbildungsangeboten durch das Aufzeigen entsprechender Möglichkeiten begegnet werden.

Drittens benötigen die Lehrkräfte dafür entsprechende Kompetenzen und ein Grundverständnis über das Digitale. Allerdings schätzen Lehrkräfte ihre Kompetenzen gerade im Bereich der technologischen, digital fachdidaktischen und digital fachlichen Kompetenzen altersunabhängig eher niedrig ein. Diesen Voraussetzungen muss entsprechend begegnet, passende Angebote für solche Grundlagen entwickelt und informatische Bildung integraler Bestandteil der Aus- und Weiterbildung aller Lehrkräfte werden. Da sich die Erfahrung der Lehrkräfte gleichzeitig stark auf die Nutzung digitaler Medien fokussiert, gilt es in Aus- und Weiterbildungsangeboten darauf zu achten, den Lehrkräfte Erfahrungen über die Nutzung digitaler Medien hinaus zu ermöglichen.

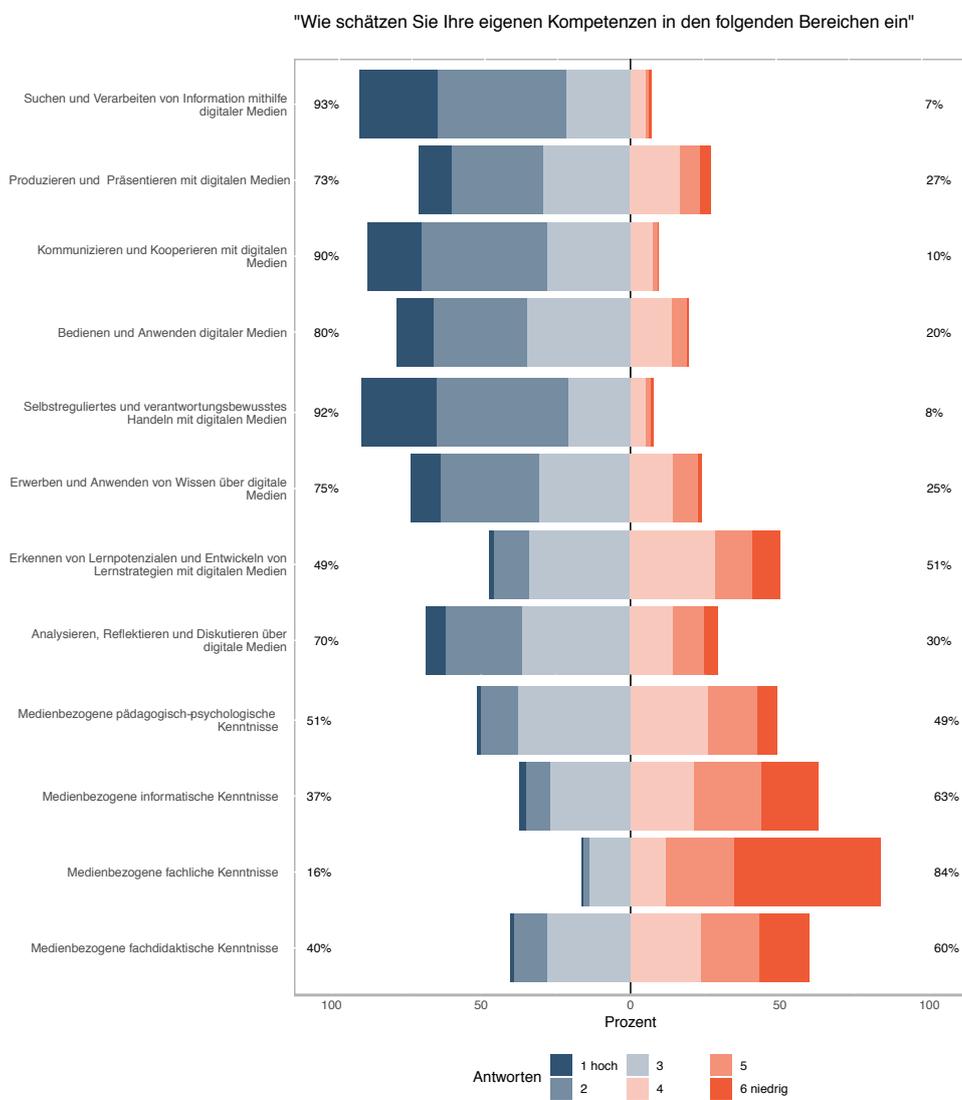


Abbildung 4.5: Selbsteinschätzung der eigenen Kompetenzen

5 Informatik in anderen Fächern

Alle Schulfächer verändern sich vor dem Hintergrund der Digitalisierung und rücken so neue bzw. veränderte Kompetenzen in den Fokus (vgl. Kapitel 2). Die Gesellschaft für Fachdidaktik spricht in diesem Kontext daher auch von *fachlichen digitalen Kompetenzen* (GFD, 2018). Die Aufgabe informatischer Bildung ist es, entsprechende fachliche Grundlagen zu legen, die alle Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte für eine solche fachliche digitale Bildung benötigen. Allerdings ist bislang unklar, welche Anforderungen fachliche digitale Bildung an die Informatik stellt. Es gilt daher die Frage zu beantworten, welche durch Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen sich in den Fächern zeigen und daher durch informatische Bildung adressiert werden müssen:

- (RQ3) Welche durch die digitale Transformation hervorgerufenen Veränderungen zeigen sich in den Fächern, die durch informatische Bildung adressiert werden müssen?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage scheint eine Betrachtung aktueller Curricula nicht zielführend, da die Schulfächer gerade am Beginn eines Transformationsprozesses stehen, der in den letzten Jahren u. a. mit der KMK-Strategie angestoßen wurde. Da entsprechende Entwicklungen jedoch in der Regel zeitlich verzögert Einzug in Lehr- und Bildungspläne halten, ist davon auszugehen, dass dieser Prozess noch längst nicht abgeschlossen ist, weshalb Curricula in der Folge mögliche Veränderungen nicht oder nicht vollständig abbilden. Einen anderen Ansatz stellt eine Betrachtung des Einflusses der Digitalisierung auf die wissenschaftlichen Bezugsdisziplinen der Fächer dar. Im Unterschied zu einer Betrachtung von Curricula können hier auch jüngere Entwicklungen berücksichtigt werden. Da die Bezugsdisziplinen – zumindest in Teilen – Einfluss auf die Entwicklung der Fächer haben (Criblez und Manz, 2015), können zunächst Veränderungen in den Bezugsdisziplinen analysiert werden, um generelle Veränderungen zu erfassen. Diese können anschließend als Ausgangspunkt herangezogen werden, um Thesen für den Wandel der Schulfächer abzuleiten. Darüber hinaus stellt eine Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern, die sich mit der digitalen Transformation in den unterschiedlichen Schulfächern beschäftigen, eine Möglichkeit dar, konkrete schulbezogene Veränderungen zu identifizieren und auch jüngste fachdidaktische Entwicklungen zu erfassen.

Um sowohl generelle Veränderungen in den wissenschaftlichen Bezugsdisziplinen als auch jüngste fachdidaktische Entwicklungen zu erfassen, wird daher ein kombinierter Ansatz gewählt. So findet im Folgenden zunächst eine Betrachtung der Bezugsdisziplinen statt, ehe auf dieser Basis Thesen abgeleitet werden, die anschließend mittels einer fallbasierten Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern überprüft und exemplarisch ergänzt werden. Die Ergebnisse zeigen auf, welche Veränderungen in den Schulfächern zu erwarten sind und verdeutlichen somit die Bedeutung, die informatische Bildung als

Grundlage fachlicher digitaler Kompetenzen innehat. Sie bilden weiterhin die Basis für konkrete Beispiele und Bezüge der jeweiligen Fächer, die in der Konzeption und Gestaltung von Aus- und Weiterbildungsangeboten sowie informatischen Lehr- und Lernarrangements für digitale Bildung aufgegriffen werden können.

5.1 Veränderungen in den Disziplinen

Im Folgenden soll nun zunächst untersucht werden, welche Veränderungen sich im Zuge zunehmender Digitalisierung aus Sicht informatischer Bildung in anderen Disziplinen ergeben. Dazu werden Veränderungen in den Disziplinen in Anlehnung an die von der OECD festgelegte Systematik von Wissenschaftszweigen (Revised Fields of Science and Technology, (*Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators, 2007*))¹⁴ beispielhaft in den drei großen Bereichen Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften sowie Geisteswissenschaften betrachtet, indem einerseits Veröffentlichungen, die auf Digitalisierung und einen möglichen Wandel Bezug nehmen, und andererseits exemplarisch Phänomene und Beispiele recherchiert werden, um daraus generelle Entwicklungen abzuleiten. Anschließend werden Gemeinsamkeiten identifiziert, um daraus Thesen für die Entwicklung der Schulfächer abzuleiten.

Naturwissenschaften. In den Naturwissenschaften sind informatische Werkzeuge und Methoden weit verbreitet. So existieren beispielsweise bereits seit längerer Zeit Lehrveranstaltungen und Bücher (*Dörn, 2018; Tisdall, 2001*), die sich mit dem Programmieren für Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern beschäftigen, und nicht zuletzt haben sich mit Bio- und Geoinformatik auch zwei der bekanntesten Bindestrichinformatiken etabliert – informatiknahe Studiengänge, „in denen das Anwendungsfach (»Bindestrich«) mindestens die Hälfte der Studieninhalte ausmacht“ (*Jarke, 2020*). Neben Programmiersprachen spielen dabei auch Datenbanken eine Rolle etwa zu menschlichen Proteinen (*Peri et al., 2003*) oder dem Leben auf der Erde (*Parr et al., 2014*). Visualisierungswerkzeuge, etwa von Molekülstrukturen (*Schlegel und Sauer, 2020*), ermöglichen nicht nur das dreidimensionale Betrachten, sondern auch das Drehen oder Manipulieren. Die Steuerung von Systemen wie in der autonomen Kontrolle von Raumsonden oder Erkundungsrobotern durch künstliche Intelligenz ermöglicht neue Optionen für astronomische Forschungsvorhaben, die sich mit klassischen Fernsteuerungsmethoden nicht eröffnen würden (*Biundo, Claus und Mayr, 2006*). Außerdem spielt der Einsatz von Computern nicht zuletzt in der Datenerfassung eine wichtige Rolle. Obwohl die digitale Messwerterfassung keineswegs ein Produkt der letzten Jahre ist (vgl. z. B. *Petermann (1971)*), ermöglichen technische Fortschritte etwa in Form kleinerer

¹⁴Die deutschen Übersetzung entstammen der Adaption Österreichs (*Statistik Austria, 2012*).

Sensoren zusätzliche Optionen in der Datenerhebung. So können beispielsweise durch Einsatz spezieller Näherungssensoren Interaktionen zwischen Kleintieren untersucht werden (Ripperger *et al.*, 2019). Mithilfe von Kameras können Bewegungsdaten (Weiskopf *et al.*, 2010) und mithilfe seismischer Sensoren physikalisch-geografischen Daten (Bernstein *et al.*, 1999) erfasst werden. Daten können dabei außerdem „just-in-time“ erhoben werden und stehen so für die automatische Weiterverarbeitung zur Verfügung (Phelps *et al.*, 2014). Die immer größere Menge anfallender Daten wird anschließend mithilfe von Computern analysiert bzw. verarbeitet. So wäre die Verarbeitung der mehreren Petabyte großen Datenmengen, die jährlich im Kernforschungszentrum CERN anfallen (Peters, Sindrilaru und Adde, 2015), oder der Vergleich von je 140 Gigabyte großen sequenzierten menschlichen Genomen (Marx, 2013) ohne Computer undenkbar. Dabei spielen nicht zuletzt auch Methoden der künstlichen Intelligenz eine Rolle, wenn beispielsweise physikalische Daten (Broecker, Asaad und Trebst, 2017) oder biologische Systeme (Camacho *et al.*, 2018) mithilfe maschineller Lernverfahren analysiert werden. Lässt sich ein Modell nicht experimentell untersuchen, bieten sich hingegen Simulationen an. Obgleich Simulationen nicht an die Nutzung eines Computers gebunden sind, haben erst stark gestiegene Rechenkapazitäten die Realisierung komplexer Simulationen mit einer Vielzahl an Parametern faktisch ermöglicht (Engel und Möhring, 1995): Beispielsweise können klimatische Modellrechnungen (Adloff *et al.*, 2018) oder das komplexe Verhalten einer Zelle nur mithilfe von Computersimulationen durchgeführt bzw. bestimmt werden (Tomita, 2001). Nicht nur als Grundlage für Simulationen oder als Ergebnis eines maschinellen Lernprozesses sind informatische Modelle zunehmend relevant für andere Disziplinen, sondern sie können auch zur Modellierung fachlicher Phänomene herangezogen werden: Netzwerkmodelle, die eine Analyse mit Graphalgorithmen ermöglichen, werden beispielsweise in der Biologie zur Analyse der Signaltransduktion eingesetzt. So können nicht nur einzelne Pfade, sondern ganze Netzwerke untersucht werden, was zu einem umfassenderen Verständnis beiträgt (Schreiber, 2009). Zuletzt ergeben sich aus dem zunehmenden Einsatz von Technologien auch inhaltliche Fragestellungen oder neue Forschungsfelder. In der Geographie finden sich unter dem Stichwort Spatial Privacy beispielsweise Überlegungen zur Privatsphäre bei ortsbezogenen Daten (Ajayakumar und Ghazinour, 2017). Mit dem Thema Quantencomputing hingegen werden Ansätze der Quantenphysik mit jenen der Informatik verknüpft (Steane, 1998).

Sozialwissenschaften. Auch in den Sozialwissenschaften werden Reaktionen auf die Veränderungen durch zunehmende Digitalisierung diskutiert und beispielsweise die Einrichtung entsprechender Lehrstühle gefordert, die sich explizit mit einer *computational social science* beschäftigen (Christakis, 2013). Von besonderer Bedeutung ist die Extraktion von Wissen aus Daten. So heißt es bei Scholtes (2018): „Data-Science-Methoden sind für die Sozialwissenschaften von zunehmender Bedeutung. Sie liefern neue Ansätze zum Testen sozialwissenschaftlicher Theorien und erweitern den Methodenkanon der empirischen

Sozialforschung substanziell.“ Während beispielsweise die Untersuchung menschlicher Interaktionen in der Vergangenheit hauptsächlich auf Selbsteinschätzungen durch einmalig über Fragebögen erhobenen Daten einer begrenzten Stichprobe beruhte, können Beziehungen nun mithilfe von E-Mails, Finanzdaten oder Daten aus sozialen Netzwerken, die Hinweise auf konkrete Beziehungen geben, sowohl in Echtzeit als auch über einen längeren Zeitraum analysiert werden (Lazer *et al.*, 2009). Auch maschinelles Lernen wird hier immer wichtiger, etwa Verfahren zur automatisierten Textannotation und andere sprachverarbeitende Verfahren aus dem Bereich des *Natural Language Processing* (NLP) in den Sozialwissenschaften (Cardie und Wilkerson, 2008) oder Deep Learning im Mechanismusdesign der theoretischen Volkswirtschaftslehre (Golowich, Narasimhan und Parkes, 2018). Darüber hinaus spielen die Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften eine Rolle etwa zur Erforschung von Gesellschaften (Gilbert und Doran, 2018) und bestehen bereits seit 1992 als Sektion der Deutschen Gesellschaft für Soziologie (*Deutsche Gesellschaft für Soziologie*, 2018). Mithilfe von Simulationsmodellen wird in den Sozialwissenschaften meist die Entwicklung eines sozialen Phänomens im zeitlichen Verlauf erfasst, wobei menschliches Handeln als Zufallsprozess abgebildet wird (Braun und Saam, 2015). Daneben entstehen auch neue Forschungsperspektiven und Fragestellungen, die sich aus einer zunehmenden digitalen Welt ergeben. Scholtes (2018) führt hierfür mehrere Beispiele an, u. a.: „Welche neuartigen systemischen Risiken ergeben sich in weltumspannenden soziotechnischen Systemen? Welche sozialwissenschaftlichen Erkenntnisse müssen im Entwurf resilienter technischer Systeme berücksichtigt werden? Inwiefern beeinflussen Mechanismen von Informatiksystemen (beispielsweise intelligente Empfehlungssysteme, Reputationsmechanismen etc.) soziale Phänomene wie Polarisierung oder Diskriminierung?“ Ein exemplarischer Blick in die Wirtschaftswissenschaften zeigt, dass hier Prinzipien der Betriebswirtschaft bei gleichzeitiger Verlagerung marktwirtschaftlicher Aktivitäten weg von rein physischen Gütern hin zu digitalen Gütern betrachtet werden (Clement, 2009). Gleichzeitig entsteht damit ein Markt für auf Daten basierende digitale Geschäftsmodelle, die nunmehr Teil betriebs- und volkswirtschaftlicher Betrachtungen sind (Jahn und Pfeiffer, 2014). Im Bereich Mediendemokratie hingegen sind im Zuge zunehmender Digitalisierung etwa auch Konzepte wie Algorithmen oder Bots relevant, wenn diese potenziell an der Meinungsbildung beteiligt sind (Glaab, 2018).

Geisteswissenschaften. In den Geisteswissenschaften zeigen sich Veränderungen in Bezug auf Digitalisierung in den letzten Jahren vor allem im Bereich der sogenannten *Digital Humanities*. Dabei geht es darum, „neue Entwicklungen in der Informatik auf ihre Verwendbarkeit in den Geisteswissenschaften zu prüfen oder eigenständig geeignete Verfahren zu entwickeln, und [...] die Algorithmen und Datenstrukturen [zu erforschen], die sich als geeignet erwiesen haben“ (Jannidis, Kohle und Malte, 2017). Zunächst werden hierdurch lediglich bestehende Ansätze und Praktiken durch informatische Werkzeuge unterstützt

5.1 Veränderungen in den Disziplinen

oder erweitert, beispielsweise wenn wie bei der Erstellung digitaler Editionen Texte digital aufbereitet, mit Annotationen und Metadaten unterlegt und mit weiteren Quellen verknüpft werden (Lauer, 2013). Aber auch methodisch ergeben sich neue Möglichkeiten: Wenn beispielsweise digitale Textsammlungen mithilfe von Computern analysiert werden können, steigt die Menge der verarbeitbaren Daten deutlich und so werden schließlich „Fragestellungen möglich, die ohne das Werkzeug nicht aufkommen können – die aber in weiterer Folge auch neue methodische Überlegungen erfordern können“ (Jannidis, Kohle und Malte, 2017). Hinzu kommen auch in den Geisteswissenschaften neue Forschungsfelder und Themen. In den Sprach- und Literaturwissenschaften sind beispielsweise die Digitalisierung von Schrift bzw. Literatur, digitale Edition und Annotationen oder digitale Kommunikation neue Forschungsfelder, woran sich u. a. Überlegungen zum passenden Format oder zur Langzeitarchivierung digitaler Abbilder anschließen (Jannidis, Kohle und Malte, 2017). Darüber hinaus werfen von künstlicher Intelligenz komponierte Musikstücke, geschriebene Texte oder generierte Bilder Fragen bezüglich des Urheberrechts auf (Hristov, 2017). Wenn etwa die Freundesliste eines sozialen Netzwerks Rückschlüsse auf die sexuelle Orientierung zulassen (Jernigan und Mistree, 2009), ergeben sich hieran anknüpfende ethische Fragestellungen hinsichtlich der eigenen Privatheit (Adolf, 2014). Ähnliche ethische Fragestellungen werden relevant, etwa wenn maschinelle Lernverfahren bedingt durch die zugrunde liegende Datenbasis Vorurteile oder Tendenzen manifestieren (Osoba und Welser IV, 2017) oder algorithmische Entscheidungen Individuen betreffen (Parmar und Freeman, 2016). Und auch in den Künsten bedeutet Digitalisierung nicht nur den Einsatz digitaler Werkzeuge zur Erzeugung „analoger Kunstwerke“, sondern auch das Entstehen neuer Kunst- und Ausdrucksformen wie interaktive Ausstellungen (Fleischmann und Strauss, 2008), Software Art (Bond, 2005) oder Computerspiele (Bourgonjon, Vandermeersche und Rutten, 2017).

Insgesamt ist festzustellen, dass Digitalisierung einen wesentlichen Einfluss auf die Disziplinen hat (vgl. Wissenschaftsargument in Kapitel 3), welcher auch oft unter dem Begriff E-Science (Gesellschaft für Informatik, 2016) gebündelt wird. Für viele dieser Veränderungen ist die Informatik grundlegend. Im Folgenden sollen nun Gemeinsamkeiten identifiziert werden, indem die oben beschriebenen, durch Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen aus Sicht der Informatik zusammengeführt und strukturiert werden. Dazu erfolgt zunächst jeweils eine knappe Zusammenfassung der jeweiligen Veränderung aus Sicht der Informatik, die anschließend durch Beispiele ausgeführt und exemplarisch belegt wird.

Werkzeuge. Aus der exemplarischen Analyse geht außerdem hervor, dass der wohl naheliegendste Einfluss der Digitalisierung auf die unterschiedlichen Disziplinen die Verbreitung digitaler Werkzeuge in Form von Hard- bzw. Software ist. Das zeigt sich exemplarisch an den in der Analyse identifizierten Beispielen, die sich keineswegs auf Standardsoft-

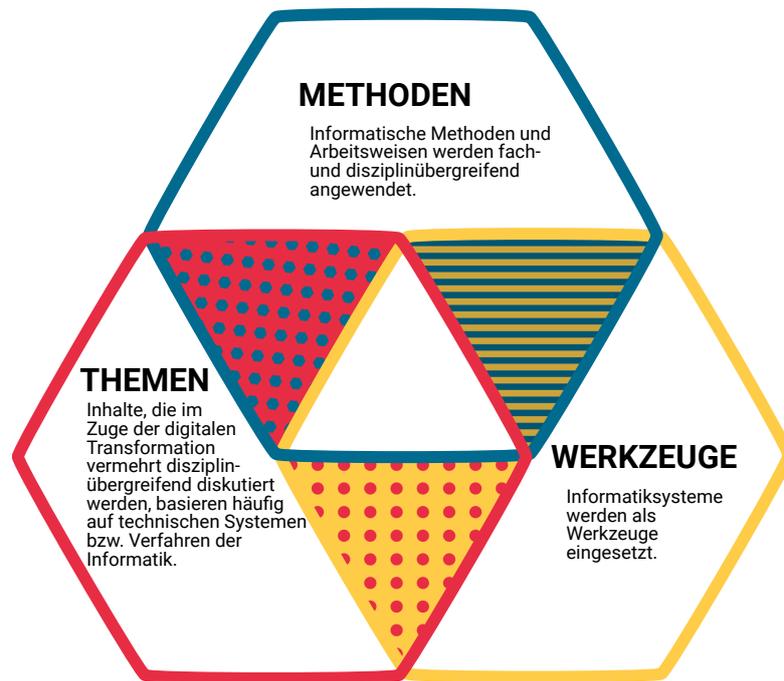


Abbildung 5.1: Digitalisierung in anderen Fachdisziplinen aus Sicht der Informatik

ware beschränken, sondern auch Datenbanken, Programmiersprachen oder Sensoren zur einfachen Erfassung verschiedenster Daten wie der Interaktionen von Kleintieren oder physikalisch-geografischen Daten umfassen. Solche Werkzeuge bieten zusätzliche Möglichkeiten: Visualisierungswerkzeuge von Molekülstrukturen etwa ermöglichen neben einem dreidimensionalen Betrachten auch ein virtuelles Manipulieren. Werkzeuge werden dabei an konkrete fachliche Problemstellungen und Bedürfnisse angepasst und eröffnen so neue Möglichkeiten wie nicht zuletzt von künstlicher Intelligenz gesteuerte Raumsonden zeigen, die Forschungsarbeiten in der Astronomie ermöglichen, die anderweitig undenkbar wären.

Methoden. In den unterschiedlichsten Bereichen ist die Arbeit und Forschung ohne Nutzung von Computern bzw. Informatiksystemen kaum vorstellbar: Wie die exemplarische Analyse zeigt, wird die Gewinnung neuer Erkenntnisse doch massiv durch Methoden wie künstliche Intelligenz, Datenanalysen oder Simulationen unterstützt. So werden Simulationen für eine Vielzahl von Anwendungsfällen etwa für die Analyse naturwissenschaftlicher oder sozialwissenschaftlicher Fragestellungen eingesetzt. Auch die Bedeutung von Datenanalysen ist nicht auf naturwissenschaftliche Sachverhalte beschränkt, sondern schließt z. B.

auch sozialwissenschaftliche Themen wie die Analyse von Sozialstrukturen oder menschlicher Interaktion ein. Computermethoden wie Simulationen oder Datenanalysen werden daher in diesem Zusammenhang auch als dritte bzw. vierte Säule der Wissenschaft bezeichnet (Riedel *et al.*, 2008). Diese Methoden gehen über das reine Nutzen von Werkzeugen hinaus und verändern Prozesse zur Wissensgenerierung grundlegend.

Themen. Der Einfluss beschränkt sich aber nicht nur auf Werkzeuge oder methodische Vorgehensweisen: Auch Inhalte, mit denen sich Disziplinen auseinandersetzen, wandeln sich. So zeigen die Beispiele aus den beschriebenen Disziplinen, dass sich im Zuge der Digitalisierung neue Themen innerhalb der jeweiligen Disziplin bzw. des jeweiligen Kontexts ergeben, wie digitale Geschäftsmodelle in den Wirtschaftswissenschaften oder die digitale Kommunikation in den Sprach- und Literaturwissenschaften. Nicht immer handelt es sich dabei jedoch um gänzlich neue Inhalte, vielmehr kommen auch andere Aspekte oder Vorzeichen hinzu, die eine Veränderung von Inhalten bzw. eine andere Betrachtungsweise nach sich ziehen. So sind im Bereich Politikwissenschaften etwa Konzepte wie Algorithmen oder Bots zu berücksichtigen, wenn diese potenziell an der Meinungsbildung beteiligt sind oder Fragestellungen zum Einsatz und den Implikationen von künstlicher Intelligenz im Bereich der Ethik.

Als Zwischenfazit ist damit festzuhalten, dass jede Wissenschaftlerin bzw. jeder Wissenschaftler zunehmend informatische Kompetenzen benötigt. Aus Sicht der Informatik spielen dabei im Bezug auf Veränderungen durch Digitalisierung in anderen Disziplinen neben der Nutzung von informatischen Werkzeugen immer stärker auch Methoden und Themen eine Rolle. So zeigt die Analyse, dass sich durch Informatik bedingte Veränderungen in anderen Disziplinen im Sinne der Forschungsfrage in die Dimensionen Werkzeuge, Methoden und Themen unterscheiden lassen, deren Interaktion in Abbildung 5.1 dargestellt ist. Dabei ist festzuhalten, dass sich nicht immer eine trennscharfe Einteilung in eine der drei Kategorien vornehmen lässt: So kann beispielsweise künstliche Intelligenz sowohl Methode als auch Thema und möglicherweise Grundlage eines entsprechenden Werkzeugs sein. Darauf aufbauend lassen sich nun Thesen ableiten, inwiefern sich diese durch Informatik bedingten Veränderungen in den Disziplinen im Zuge digitaler Bildung auch in den Schulfächern äußern könnten.

5.2 Implikationen für die Schulfächer

Nachdem sich in den Wissenschaftsdisziplinen weitreichende Veränderungen im Zuge einer zunehmenden Digitalisierung feststellen lassen, schließt sich die Frage an, welche

5 Informatik in anderen Fächern

Konsequenzen bzw. Folgerungen hierauf aufbauend auch in den Schulfächern zu erwarten sind.

Zunächst ist festzustellen, dass die Schulfachentwicklung zumindest in Teilen die Entwicklungen in den Bezugsdisziplinen abbildet – dies gilt in besonderem Maße für die Sekundarstufe (Criblez und Manz, 2015). Historisch gesehen haben die wissenschaftlichen Bezugsdisziplinen so immer wieder Einfluss auf die Auswahl schulischen Wissens ausgeübt. Gleichwohl müssen nicht alle Entwicklungen übernommen werden, denn es ist Aufgabe der jeweiligen Fachdidaktik „Entscheidungsgrundlagen dafür zu liefern, welche Erkenntnisweisen in den jeweiligen Schulfächern leitend sind und auf welche Disziplinen in welchem Umfang Bezug zu nehmen ist“ (Wilhelm und Brühwiler, 2016).

Das nicht nur in den Wissenschaftsdisziplinen sondern auch in anderen Schulfächern ein zunehmender Einfluss der Informatik anzunehmen ist, wird auch in der informatikdidaktischen Diskussion an mehreren Stellen hervorgehoben. Schon Schubert und Schwill (2011) betonen, dass sich – obgleich auch Informatikunterricht immer wieder Beispiele aus anderen Fächern aufgegriffen hat – fachübergreifendes Lernen „deutlich [...] zu anderen Unterrichtsfächern [verlagern wird], die auf die Vorkenntnisse aus dem Informatikunterricht zugreifen müssen“. Weiterhin heißt es dort: „Jedes andere Fach wendet Wissen und Können aus dem Informatikunterricht an“. Dabei wird hervorgehoben, dass es sich explizit nicht auf die Anwendung von Informatiksystemen reduziert, sondern fachliche Aspekte wie das beispielhaft genannte „Gewinnen, Speichern, Verarbeiten und Interpretieren von Daten“ entscheidend sind. Zuletzt betont auch die europäische Strategie *Informatics for All*, den Einfluss der Informatik auf andere Schulfächer:

Just as with professions and scientific fields, all school subjects are gradually transformed because of Informatics. Through digital models, subjects can be taught in novel and more engaging ways, and data-driven approaches will open doors to new dimensions of understanding and radical new ways of learning subjects. Similarly, through programming of, say, simulations and games, knowledge and insight in a subject can be expressed in more individual, novel, useful and creative ways (Caspersen et al., 2018)

Dem Positionspapier folgend wird Informatik im Allgemeinen und die Programmierung im Speziellen zukünftig auch in allen Schulfächern zu neuen Lern- und Ausdrucksmöglichkeiten führen.

Gemeinsam mit den in obiger exemplarischer Analyse identifizierten Veränderungen in den Bezugsdisziplinen ist damit davon auszugehen, dass auch in anderen Schulfächern die Notwendigkeit steigt, sich mit den Einflüssen der Digitalisierung und damit auch mit informatischen Methoden und Inhalten auseinanderzusetzen. Hierzu lassen sich in Anknüpfung an die obige Strukturierung folgende Thesen formulieren.

These 1: Die Nutzung fachspezifischer Werkzeuge wird zunehmen. Forscherinnen und Forscher nutzen eine Vielzahl unterschiedlicher *Werkzeuge* in ihrer täglichen Arbeit. Außerdem finden etwa Werkzeuge zur Visualisierung komplexer Sachverhalte, Fachdatenbanken oder Sensoren bereits ihren Weg in den Fachunterricht. So zeigt ein Blick in die Chemiedidaktik beispielhaft, dass hier ein großer Teil der Veröffentlichungen zur Digitalisierung im Chemieunterricht der letzten Jahre (59 von 128) sich der Beforschung von Werkzeugen widmet (*Huwer, Banerji und Thyssen, 2020*). Wie die exemplarische Analyse der Disziplinen zeigt, werden die in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen relevanten Werkzeuge disziplinspezifisch adaptiert und genutzt. Ähnliche Entwicklungen sind auch für digitale Bildung in der Schule zu erwarten. So ist davon auszugehen, dass die Nutzung fachspezifischer Werkzeuge in anderen Fächern zunehmen wird, um die sich aus dem Einsatz dieser Werkzeuge ergebenden Möglichkeiten für den Unterricht nutzen zu können. Im Fokus stehen also weniger allgemeine Werkzeuge wie Präsentationssoftware, sondern etwa auch Datenbanken oder Sensorsysteme – Werkzeuge, die entsprechendes informatisches Konzeptwissen erfordern. Da davon auszugehen ist, dass gleichzeitig die Diversität der in der Schule verwendeten Werkzeuge weiter zunimmt, ist es umso wichtiger, übergreifendes informatisches Konzeptwissen für deren Einsatz zu erwerben.

These 2: Informatische Methoden und Arbeitsweisen ermöglichen neuen Zugänge in anderen Fächern. Heute nutzen Forscherinnen und Forscher aus unterschiedlichsten Bereichen Computer für alle Arten von wissenschaftlichen Untersuchungen, z. B. Datenanalysen oder Simulationen. Diese *Methoden* gehen über das reine Nutzen von Werkzeugen hinaus und stellen zusätzliche Herangehensweisen an wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung dar. Gleichzeitig sind Methoden wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung auch Teil eines modernen Unterrichtsverständnisses im Sinne des Konstruktivismus (*Meixner und Müller, 2009*): Im Unterricht konstruieren Schülerinnen und Schüler sich ihr Wissen, leiten Hypothesen aus Beobachtungen her und verifizieren diese, um so nach und nach allgemeine Regeln abzuleiten (*Gallenbacher, 2017*). Im Zuge der Digitalisierung bieten Programmierung, Simulationen und die Auswertung von Daten enorme Möglichkeiten für die Gestaltung handlungsorientierter und konstruktivistischer Lernprozesse. Erste Entwicklungen der Schulfächer stützen diese These und so existieren längst Beispiele aus verschiedenen Fächern, die entsprechende Potenziale aufzeigen – etwa Stochastiksimulationen aus dem Mathematikunterricht (*Prömmel, 2012*) oder Klimasimulationen in der Geographie (*Otto et al., 2017*). Obwohl computergestützte Methoden – insbesondere Simulationen – im Unterrichtskontext schon länger thematisiert werden (*Wedekind, 1981*), ist ihr Einsatz vor allem in den letzten Jahren praktikabel geworden. Bei Themen, in denen andere etwa experimentelle Zugänge nur schwer möglich sind, dürften sich hier neue Möglichkeiten eröffnen – insbesondere auch in Fächern, die von geistes- bzw. sozialwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen geprägt sind.

These 3: In anderen Schulfächern werden neue inhaltsbezogene Kompetenzen relevant für die informatische Grundlagen erforderlich sind. Die obigen Ausführungen zeigen, dass sich Forschungsgegenstände bzw. Inhalte ändern, mit denen sich Disziplinen auseinandersetzen. Damit dürften auch für die Schule neue inhaltsbezogene Kompetenzen entstehen, in Anlehnung an die Disziplinen etwa in den Bereichen Netzpolitik, Netzökonomie, Industrie 4.0, Human-Computer-Interaction oder Big Data. Diese These wird auch von der Erklärung der GFD (*GFD, 2018*) gestützt: Wenn beispielsweise digitale Geschäftsmodelle und eine Netzökonomie immer mehr Bedeutung gewinnen, hilft ein besseres Verständnis dieser Geschäftsaktivitäten, Risiken des eigenen Konsumverhaltens besser zu bewerten. Es ist folglich zu erwarten, dass die verschiedenen Schulfächer eigene Phänomene, Artefakte und Situationen der digitalen Welt in den Blick nehmen werden, die sich aufbauend auf informatischen Ideen mit Konzepten, Ideen und Grundlagen der jeweiligen Fächer erklären lassen.

Aufbauend auf den identifizierten Veränderungen in den Wissenschaften und der damit einhergehenden steigenden Bedeutung der Informatik wurden in diesem Abschnitt Thesen bezüglich der Veränderungen in den Schulfächern abgeleitet. Dabei ist festzustellen, dass in den Bezugsdisziplinen wahrgenommene Veränderungen auch in den Schulfächern zu erwarten sind. Dennoch beziehen sich die Erkenntnisse bislang vor allem auf die wissenschaftliche Domäne. Es bedarf daher noch einer Überprüfung und Konkretisierung der obigen Thesen aus einer schulischen Perspektive. Um die formulierten Thesen nun bekräftigen oder abschwächen zu können und die relevanten Werkzeuge, Methoden und Inhalte zu konkretisieren, soll im Folgenden eine Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern herangezogen werden, die sich in den verschiedensten Schulfächern intensiv mit digitaler Bildung auseinandersetzen.

5.3 Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern

Im Folgenden soll nun untersucht werden, inwieweit sich die oben identifizierten Veränderungen aktuell schon in den fachdidaktischen Entwicklungen anderer Fächer zeigen. Damit werden die soeben aufgestellten Thesen in Zusammenarbeit mit Expertinnen und Experten für digitale Bildung der jeweiligen Fächer überprüft und konkretisiert.

5.3.1 Methodik

Zu diesem Zweck wurden in einer explorativen Analyse Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker befragt, die sich selbst intensiv mit dem Thema „Bildung in der digitalen Welt“ beschäftigen und dementsprechend innerhalb ihrer Fachverbände als Expertinnen bzw.

5.3 Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern

Experten für digitale Bildung anzusehen sind. Die Erhebung erfolgte im Rahmen einer Arbeitsgruppe zu selbigem Thema in den Jahren 2018 und 2019. Kern der Erhebung war die Frage, inwieweit ihre Fachdisziplinen und der dazugehörige Fachunterricht Einfluss durch Digitalisierung erfahren. Die Befragung wurde in schriftlicher Form als offener Fragebogen durchgeführt, um verschiedene Facetten der einzelnen Fächer in den Antworten abbilden zu können und den Befragten die Möglichkeit zu geben, Beispiele aus dem eigenen Fach auszuführen. Die Expertinnen und Experten wurden gebeten, den Fragebogen selbst oder in Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen aus derselben Disziplin auszufüllen. Der Fragebogen folgt den obigen Argumentationen und beginnt dementsprechend zunächst damit, nach wahrgenommenen Veränderungen in den Bezugsdisziplinen des jeweiligen Fachs zu fragen, ehe Veränderungen und Integration des Digitalen in den Unterricht des eigenen Fachs erhoben werden. Er enthält daher sowohl Fragen zur Digitalisierung in der bzw. den eigenen Bezugsdisziplin(en) als auch zu Forschungsfeldern der Fachdidaktik mit Bezug zu Digitalisierung, zu gelungenen Beispielen, zu wichtigen fachdidaktischen Arbeiten in diesem Gebiet sowie zu Anstrengungen in der Lehrerbildung. Der gesamte Fragebogen findet sich in Anhang C. Mithilfe des Fragebogens wurden sieben Expertinnen und Experten befragt.

Darüber hinaus standen elf von Fachdidaktikerinnen bzw. Fachdidaktikern gehaltene Vorträge zur Verfügung, in denen das eigene Unterrichtsfach im Kontext der digitalen Transformation dargestellt wurde. Da diese Vorträge für jedes Fach derselben vorgegebenen Struktur folgen, eignen sie sich ebenfalls für eine vergleichende Analyse und wurden daher als weitere Quelldokumente berücksichtigt. Außerdem gab es im Rahmen der Arbeitsgruppe insgesamt drei Sitzungen, in denen über dieses Thema diskutiert wurde. Die Diskussion an diesen Terminen wurde protokolliert, indem jeweils der Zeitstempel und die getätigte Aussage in Kurzform notiert wurde. Weiterhin wurden die in schriftlichen Dokumenten referenzierten Beiträge, soweit notwendig, zur Explikation herangezogen.

Um ein tiefer gehendes Verständnis der Veränderungen in den einzelnen Fächern auszubilden, werden die Fächer zunächst in einzelfallbasierten Analysen ausgewertet (*Eisenhardt, 1989*). Erst im Anschluss daran werden fallübergreifende Aspekte diskutiert und im Hinblick auf die oben formulierten Thesen interpretiert. Durch eine solche qualitative Untersuchung der fachdidaktischen Perspektive können im Sinne der Forschungsfrage zum einen konkrete Beispiele für die Fächer gesammelt und zum anderen ein tiefer Einblick in die Veränderungen in den Fächern gewonnen werden. Die Auswertung der Dokumente eines Fachs orientiert sich an der Themenanalyse nach *Froschauer und Lueger (2003)*. Ziel einer Themenanalyse ist es, eine große Menge an Text zusammenfassend zu analysieren und einen Überblick über die wichtigsten Themen zu geben. Aufgrund des Einsatzes des Verfahrens zur Textreduktion und seiner besonderen Eignung u. a. für die Analyse von Expertinnen- und Expertenmeinungen (*Lueger, 2009*) scheint dieses Vorgehen auch hier geeignet. Zunächst werden in der Themenanalyse zusammengehörige Textstellen –

die Themen – je Schulfach identifiziert. In einem nächsten Schritt gilt es, die wichtigsten Charakteristika dieser Themen und, wenn nötig, den Kontext zu erfassen. Danach sollten mögliche Unterschiede in den Themen erfasst werden, ehe im letzten Schritt analysiert wird, inwiefern sich die Charakteristika einzelner Themen der zuvor formulierten Forschungsfrage zuordnen lassen (Lueger, 2009). Die Texte bzw. Dokumente der einzelnen Fächer wurden nach und nach reduziert und im Sinne der Themenanalyse ausgewertet. Anfangs wurden in der durchgeführten Analyse daher noch alle potenziellen Themen berücksichtigt, wobei im letzten Schritt im Sinne der Forschungsfrage und der zweiten Stufe des explorativen Forschungsprozesses eine Interpretation vorgenommen wurde und vor allem solche Themen weiter betrachtet wurden, für die informatische Grundlagen erforderlich sind. So wurden beispielsweise Themen wie künstliche Intelligenz nach dem letzten Schritt weiter betrachtet, Themen wie Lernplattformen hingegen nicht.

5.3.2 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden nun die von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern wahrgenommenen Veränderungen fachlichen Lernens im Hinblick auf ihre Schulfächer untersucht. Dazu werden die mittels Themenanalyse identifizierten Aspekte für die einzelnen Fächer zusammengefasst.

Arbeitslehre. Für die Arbeitslehre berichten die Expertinnen und Experten, dass diese im Hinblick auf digitale Bildung einen werkstattbezogenen Ansatz verfolgt und sich an den Ansätzen der Maker-Bewegung orientiert: In projektorientiertem Unterricht steht digitales Erzeugen bzw. digitale Fabrikation im Mittelpunkt, wozu Werkzeuge wie 3D-Drucker und entsprechende Software genutzt werden. Dabei werden zudem Methoden relevant wie die Programmierung beispielsweise von Mikrocontrollern. Skizziert wird ein Beispiel, in dem mit dem Mikrocontroller MakeyMakey ein interaktives Poster zum Thema Ernährung gestaltet wird. Gleichzeitig sind die Veränderungen in der Arbeitswelt mit Nennungen wie „Digitalisierung der Produktion“, „Industrie 4.0“ oder „Individualisierung der Produktion“ und der digitale Wandel im Alltag auch Unterrichtsinhalt. Bei Letzterem geht es u. a. um Themen wie die „Digitalisierung von Freizeitgestaltung“, digitale Geschäftsmodelle, Arbeits- und Datenschutz oder Möglichkeiten zur Weiterbildung. Dabei sind insbesondere auch Technikfolgenabschätzungen relevant.

Politische Bildung. Laut den Expertinnen und Experten ist Medienkompetenz seit jeher Ziel der politischen Bildung und erfährt im Kontext digitaler Bildung eine ganz neue Relevanz. Neue Werkzeuge oder Methoden werden nicht explizit genannt. Stattdessen ergeben

5.3 Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern

sich eine Vielzahl neuer bzw. veränderter Themen für die politische Bildung. Traditionell beinhaltet die politische Medienkompetenz u. a. Fähigkeiten wie die Informationsbeschaffung, politische Partizipation oder Themen wie die Pressefreiheit oder das eigene Verhältnis zur Politik. Bedingt durch die Digitalisierung wandeln sich diese Anforderungen: So ist die Informationsgewinnung unter neuen Vorzeichen zu sehen, weshalb hier primär neue Inhalte wie der Verlust von „Gatekeepern“, die Funktionsweise von Algorithmen, Filterblasen, Echokammern, „Fake News“ oder „Social Bots“ relevant werden. Gleichzeitig geht es auch um Möglichkeiten der digitalen politischen Partizipation und Fragestellungen im Bereich der Netzpolitik etwa hinsichtlich möglicher Regulierungen oder dem Datenschutz.

Deutsch. Die Expertinnen bzw. Experten berichten für das Schulfach Deutsch, dass die primäre Bezugswissenschaft die Sprach- und Literaturwissenschaft ist, in der mit den Digital Humanities ein neues Forschungsfeld entstanden ist. Für den (Fach-)Unterricht in der digitalen Welt werden bei Werkzeugen vor allem klassische Anwendungen zum Erstellen von Dokumenten oder zum Recherchieren und (Web-)Anwendungen zur Kollaboration bzw. Kommunikation referenziert. Mit digitalem Lesen, digitalem Schreiben, digitalem symmedialen Analysieren, digitalem symmedialen Gestalten, digitalem Kommunizieren, digitalem Kooperieren, digitalem Recherchieren oder digitalem Präsentieren werden zudem neue methodische Kompetenzen relevant. Bei den Themen hingegen spielen schließlich Aspekte wie die Digitalisierung als medienkulturgeschichtliches Phänomen eine Rolle.

Fremdsprachen. Für den Fremdsprachenunterricht wird im Korpus das Bildungsziel der Befähigung zum mündlichen und schriftlichen Diskurs in der Fremdsprache betont. Der Fokus in Bezug auf digitale Bildung liegt daher insbesondere auf dem Einsatz digitaler Medien als Werkzeug zur Recherche, Kollaboration und Kommunikation. In der Praxis zeigen sich durch die digitale Transformation bedingte Veränderungen daher eher in der Nutzung von Video- und digitaler Schreibplattformen wie Wikis oder Blogs. Gleichzeitig sollen multimodale Texte produziert und rezipiert und Schülerinnen und Schülern eine kritisch-reflexive Medienkompetenz vermittelt werden. Exemplarisch wird zudem für den Unterricht an Themen wie Datenschutz, Cybermobbing, „Hate Speech“ oder der Analyse der kommunikativen Wirkung von Twiternachrichten geforscht.

Geographie. Für die Geographiedidaktik berichten die Expertinnen und Experten von einer steigenden Bedeutung von Ortswissen, von Geoinformationen als „digitalem Rohstoff“ und vielseitig genutzten Geotechnologien – Aspekte, die im Fach Geographie aufgegriffen werden müssen. So spielen im Geographieunterricht als Werkzeuge vor allem fachspezifische Anwendungen wie Geoinformationssysteme, webbasierte Fernerkundungssoftware,

Kartendienste und Werkzeuge zum Erstellen von Karten eine Rolle. Aus dem Fragebogen zum Fach Geographie geht allerdings hervor, dass Geoinformationssysteme bis heute keine große Verbreitung im Unterricht gefunden haben, obwohl sie bereits seit mehr als 20 Jahren im Unterrichtskontext diskutiert werden. Bezüglich neuer oder veränderter Methoden finden sich Nennungen zur Repräsentation und Analyse von Daten bei der Arbeit mit Geoinformationssystemen in der digitalen Kartenarbeit oder Fernerkundung z. B. mit Satelliten- und Luftbildern. Daten können dabei nicht nur verarbeitet, sondern auch selbst erhoben werden: Zu den als gelungen beschriebenen Unterrichtsbeispielen zählt etwa das GPS-Tracking alltäglicher Wege der Schülerinnen und Schüler, gefolgt von einer gemeinsamen Auswertung hinsichtlich der Aussagekraft dieser Daten. Zudem werden verschiedene Themen bzw. deren Auswirkungen für den Unterricht relevant. Hierzu gehören u. a. die Geolokalisierung, eine Veränderung von Orientierung und Navigation, der Datenschutz in Bezug auf Raumdaten oder eine Veränderung von Arbeits- und Produktionsroutinen in der Wirtschaftsgeographie.

Mathematik. Die Expertinnen und Experten berichten im Kontext der Digitalisierung vor allem von neuen Möglichkeiten für den Mathematikunterricht. Im Unterricht werden so als Werkzeuge neben Computeralgebrasystemen wie GeoGebra oder Maple und Tabellenkalkulationsprogrammen auch Datenanalysewerkzeuge wie Fathom eingesetzt. Die Interaktivität bzw. die dynamische, digitale Repräsentation solcher Anwendungen ermöglichen dabei neue, handlungsbasierte Zugänge zu mathematischen Gegenständen. Für den Mathematikunterricht werden darüber hinaus methodische Fähigkeiten aus dem Bereich des Computational Thinking und der Data Science relevant. Außerdem werden in der Fachdidaktik rechenintensive Inhalte wie statistische Verfahren, Prozessmodellierung oder Simulationen etwa im Stochastikunterricht erprobt und evaluiert, deren (authentische) Behandlung aufgrund mangelnder Rechenleistung im Unterricht bisher kaum möglich war.

Musik. Für den Musikunterricht berichten die Expertinnen bzw. Experten, dass während bisher die Rezeption bzw. Reproduktion von Musik im Fokus stand, im Zuge der Digitalisierung auch das Komponieren bzw. das aktive Musizieren an Bedeutung gewonnen hat. Digitale Werkzeuge erleichtern das Erstellen von Musik, werden aber auch für Kunstsparten verbindende Projekte wie z. B. Musik und Film genutzt. Explizite Nennungen von Methoden finden sich indes nicht. Neue Inhalte, die im Kontext der Digitalisierung aus fachlicher Sicht relevant für das Fach Musik werden, ergeben sich u. a. aus jenen Musikpraxen (beispielsweise Loopmusik oder Musik-Live-Coding), die mit Digitalisierung in Verbindung zu bringen sind, und aus der digitalen Transformation von Musik. Zu den weiteren Inhalten, die aus musikdidaktischer Perspektive untersucht werden, gehören kulturelle Veränderungen wie das Aufgehen von Produzenten und Konsumenten in soge-

5.3 Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern

nannten Prosumern, das kollaborative Komponieren oder die Liquidität, bei der Werke im Sinne des Remixings stets weiterentwickelt werden.

Naturwissenschaftliche Fächer. Da die naturwissenschaftlichen Fächer über verschiedene gemeinsame Ansätze und Dokumente wie einen digitalen Kompetenzrahmen für Lehrkräfte verfügen, werden hierunter die Fächer Biologie, Chemie und Physik zusammengefasst. Dabei finden sich im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Vielzahl von Werkzeugen, etwa Werkzeuge zur digitalen Messwerterfassung, Artenbestimmung oder spezifische Datenbanken. Aus dem Korpus geht für die naturwissenschaftlichen Fächer außerdem hervor, dass mit der digitalen Messwert- bzw. Datenerfassung etwa mithilfe verschiedener Sensoren, der Datenverarbeitung sowie der Simulation digitale Methoden Eingang in den Unterricht bzw. die fachdidaktische Arbeit finden. Folglich sind diese drei Aspekte auch Teil der digitalen Basiskompetenzen für Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer (*Becker et al., 2020*). Damit gehen bereits neue Inhalte einher, etwa der Übergang von analogen zu digitalen Werten bei der Messwerterfassung. Darüber hinaus sind beispielsweise die Analyse der chemisch-physikalischen Eigenschaften genutzter Bauteile (vgl. auch *Banerji, Dörschelln und Schwarz (2018)*) oder eine Betrachtung der Nachhaltigkeit bzw. der Umweltauswirkungen im Kontext der Digitalisierung (vgl. auch *Prechtl und Schmidt (2019)*) weitere Beispiele für neue Inhalte, die im Fachkontext im Zusammenhang mit digitaler Bildung diskutiert werden.

Ökonomie/Wirtschaft. Aus der Rückmeldung der Expertinnen bzw. Experten für das Fach Ökonomie geht hervor, dass Digitalisierung zu einer Reihe an „interdependenten wirtschaftlichen Folgen“ führt, die auch im Wirtschaftsunterricht aufgegriffen werden sollten. Als Werkzeuge für den Wirtschaftsunterricht finden sich vor allem Verweise auf berufsrelevante digitale Werkzeuge wie Tabellenkalkulationssoftware oder Projektmanagementsoftware. Darüber hinaus erlauben internetgestützte Planspiele oder interaktive ökonomische Modelle neue Zugänge zu tradierten wie neueren Themen. Aus inhaltlicher Sicht sollten etwa Implikationen der Digitalisierung für die Arbeitsmärkte, Beschäftigungschancen und Qualifizierungserfordernisse, digitale Geschäftsmodelle oder die Abwägung zwischen Datenschutz und kostenfreier Nutzung digitaler Dienste aufgegriffen werden.

Sport. Der Sportunterricht wird in erster Linie als Bewegungsfach gesehen. Aus dem Korpus geht für den Sportunterricht weiterhin hervor, dass digitale Werkzeuge vor allem zur Videoaufzeichnung bzw. Ad-hoc-Analyse von Bewegungen verwendet werden. Digitale Methoden werden nicht genannt. Themen, die im Kontext der Digitalisierung auch an Relevanz für das Unterrichtsfach gewinnen, sind Medien und Sport, E-Sport, Digitali-

sierung und Bewegungsmangel sowie die Wirkung der Digitalisierung auf die Gestaltung von Bewegungsräumen.

Religion. In den Dokumenten zum Religionsunterricht bzw. der Religionspädagogik geht es weniger um digitale Werkzeuge und Methoden als vielmehr um eine Vielzahl an Inhalten. Dazu zählen eine ethische Betrachtung sozialer Implikationen des digitalen Wandels im Hinblick auf Themen wie Algorithmen und künstliche Intelligenz, Religion in digitalen Kontexten aber auch das Internet als sozialer Raum. Weiterhin zielt Bildung in der digitalen Welt aus Sicht des Religionsunterrichts auf ein Verständnis davon ab, was den Menschen ausmacht und von digitalen Akteuren bzw. künstlicher Intelligenz unterscheidet.

5.4 Diskussion

Die fallbasierte Betrachtung einzelner Fächer kann nun herangezogen werden, um die Rolle der Informatik nicht nur für einzelne Fächer, sondern für fachliche digitale Bildung insgesamt zu schärfen. Ein Blick auf die elf Beispiele zeigt, dass in allen Fächern digitale Werkzeuge, Methoden und Inhalte, die bereits in den Bezugsdisziplinen an Bedeutung gewinnen, im Zuge der Digitalisierung auch für die Schulfächer relevanter werden.

Bezogen auf These 1 finden sich in den Antworten auch Verweise auf fachspezifische Werkzeuge. So werden in der Arbeitslehre beispielsweise 3D-Drucker referenziert, in der Geographie Geoinformationssysteme, in der Mathematik Datenanalysewerkzeuge oder in den Naturwissenschaften Werkzeuge zur Erfassung von Messwertdaten. Um diese Werkzeuge adäquat im eigenen Unterricht einsetzen zu können, sind entsprechende informatische Kompetenzen erforderlich, um nicht jedes im Unterricht eingesetzte Werkzeug neu lernen zu müssen, sondern bereits auf einer entsprechenden Grundlage aufzubauen („Konzeptwissenargument“, vgl. Kapitel 3). So unterstützen etwa ein Grundverständnis über Datenrepräsentation und unterschiedliche Datenformate den Einsatz von Geoinformationssystemen oder Datenanalysewerkzeugen in anderen Fächern.

Hinsichtlich These 2 zeigt sich, dass die Bedeutung informatischer Methoden und Arbeitsweisen in anderen Fächern steigt und insbesondere Datenanalysen und Simulationen verschiedene neue bzw. weitere Zugänge ermöglichen. Beispiele umfassen die Programmierung von Mikrocontrollern in der Arbeitslehre, die Verarbeitung von Geoinformationen oder die Fernerkundung durch die Analyse von Luftbildern im Geographieunterricht, Datenanalysen mithilfe oder Simulationen stochastischer Prozesse im Mathematikunterricht und Simulationen in den naturwissenschaftlichen Fächern. Damit Methoden wie Simulationen oder Datenanalysen in anderen Fächern für fachspezifische Probleme und Anwendungsfälle eingesetzt werden können, müssen zunächst die entsprechenden Grundlagen,

die in der informatischen Bildung anzusiedeln sind, erworben werden. Beispielsweise werden unter dem Begriff *Data Literacy* entsprechende informatische Kompetenzen gefasst, die zum Umgang mit und der Analyse von Daten in verschiedenen Situationen und Fächern befähigen (vgl. Grillenberger (2019)).

Zuletzt stellt sich in Bezug auf These 3 heraus, dass neue fachliche Inhalte in allen Fächern eine Rolle spielen. So werden in der Arbeitslehre Veränderungen der Arbeitswelt und des Alltags Thema – insbesondere mit Aspekten wie dem Datenschutz oder Technikfolgeabschätzungen. Für die politische Bildung sind es hingegen u. a. neue Vorzeichen der Informationsgewinnung, wobei Begriffe wie Algorithmus, Filterblase oder Bot an Bedeutung gewinnen. Hieran schließt auch der Religions- oder Ethikunterricht an, in dem soziale Implikationen im Hinblick auf Themen wie Algorithmen und künstliche Intelligenz diskutiert werden. Für das Fach Musik werden hingegen beispielsweise neue Musikpraxen referenziert und auch im Wirtschaftsunterricht werden verschiedene neue Themen relevant, die so bisher kaum im Unterricht thematisiert werden. Dazu gehören digitale Geschäftsmodelle oder die Abwägung zwischen Datenschutz und der kostenfreien Nutzung digitaler Dienste. Um entsprechende Inhalte adäquat im Unterricht behandeln zu können, sind informatische Grundlagen erforderlich. Erst ein technologisches Verständnis im Sinne des Dagstuhl-Dreiecks (Brinda, Diethelm et al., 2016) und entsprechendes Wissen etwa über mögliche Risiken bei der Analyse oder Nutzung von Daten durch KI-Systeme erlauben eine Abwägung zwischen Datenschutz und kostenfreier Nutzung digitaler Dienste im Wirtschaftsunterricht oder eine Diskussion über soziale Implikationen im Rahmen des Religionsunterrichts.

Wie zu erwarten sind die Einflüsse in den Fächern dabei unterschiedlich stark ausgeprägt. Während für den Geographie- oder Mathematikunterricht und die naturwissenschaftlichen Fächer Methoden wie Datenerhebung bzw. -auswertung und Simulation hohe Relevanz besitzen, ist deren Bedeutung in gesellschaftlich orientierten Fächern geringer. Hier spielen neue Inhalte eine größere Rolle. So sind dort eben u. a. Grundlagen in den Bereichen Algorithmen und künstliche Intelligenz gefordert. Diese können dann im Politikunterricht helfen, Filterblasen oder „Social Bots“ adäquat zu adressieren, im Wirtschaftsunterricht den Einfluss von Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt zu bewerten oder im Religionsunterricht zu beurteilen, was den Menschen von künstlicher Intelligenz unterscheidet. Im Deutsch- und Fremdsprachenunterricht hingegen spielen die verschiedenen informatischen Dimensionen aktuell eine eher untergeordnete Rolle.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Befragung, welche durch die digitale Transformation hervorgerufenen Veränderungen sich in den Fächern ergeben. Dabei werden für viele Beispiele digitaler Bildung in anderen Fächern auch informatische Grundlagen benötigt. Für informatische Bildung als Grundlage von Bildung in der digitalen Transformation gilt es daher, die Grundlagen für die Anwendung bzw. Thematisierung entsprechender

Methoden und Inhalte zu vermitteln. Dabei ist neben der Ausbildung von Schülerinnen und Schülern auch die Ausbildung von Lehrkräften aller Fächer zu berücksichtigen, um informatische Grundlagen für fachliche digitale Bildung in anderen Fächern nutzen zu können. Dabei kann es aus Sicht der Informatik bei der Vielzahl unterschiedlicher fachlicher Dimensionen allerdings nicht darum gehen, etwa konkret die digitale Messwerterfassung zu erläutern, sondern um allgemeine Grundlagen des Prozesses der Digitalisierung und Repräsentation von Daten – worauf dann der naturwissenschaftliche Unterricht aufbauen kann. Auf derselben Grundlage könnte auch im Kontext des Musikunterrichts die digitale Aufnahme von Musikstücken und deren Transformation thematisiert werden.

5.5 Fazit

Zusammenfassend gibt dieses Kapitel tiefe Einblicke in die durch Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen in den Fächern. Zunächst ist dabei festzustellen, dass sich die Veränderungen in den Disziplinen aus informatischer Sicht in die Bereiche Werkzeuge, Methoden und Themen fassen lassen. Daraus konnten dementsprechend Thesen für Veränderungen in den Schulfächern abgeleitet werden, die anschließend in einer fallbasierten Studie überprüft wurden. Dazu erfolgte eine Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern, die Expertinnen und Experten im Bereich der digitalen Bildung sind. Aus den Ergebnissen geht hervor, welche durch Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen sich in den Fächern zeigen. Die Ergebnisse verdeutlichen damit, dass auch in anderen Schulfächern zunehmend informatische Kompetenzen relevant werden. Informatische Bildung muss folglich diese Veränderungen adressieren und für Schülerinnen und Schüler aber insbesondere auch Lehrkräfte die Basis für den Einsatz, die Anwendung oder Diskussion jener Werkzeuge, Methoden und Inhalte schaffen, die in diesem Kontext für andere Fächer wichtig werden. Dies umfasst zum einen die Grundlagen für computergestützte Methoden wie Simulationen oder Datenanalysen in anderen Fächern. Zum anderen gehören hierzu auch die Grundlagen für Inhalte, die im Zuge der digitalen Transformation zunehmend in anderen Fächern diskutiert werden und die häufig auf technischen Systemen und/oder Verfahren der Informatik basieren. Daher gilt es aus Sicht der informatischen Bildung eine fachliche Basis beispielsweise im Hinblick auf Datenkompetenz, Programmieren als Arbeitsweise für alle oder Grundlagen zu künstlicher Intelligenz zu schaffen, um in allen Fächern relevante Aspekte digitaler Bildung adäquat behandeln zu können.

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

Für ein Verständnis und eine Teilhabe an der digitalen Welt benötigt – wie bereits etabliert – jede bzw. jeder informatische Kompetenzen. Dies zeigt sich auch daran, dass im Kontext der digitalen Transformation auch in anderen Schulfächern zunehmend informatische Kompetenzen relevant werden.

Ziel ist es allerdings nicht, einzelne Anwendungen oder Phänomene zu diskutieren. Vielmehr sollte informatische Bildung eine Basis schaffen, um Lernende dazu zu befähigen, den sich stetig verändernden Anforderungen der digitalen Welt gerecht zu werden. Offen ist bisher jedoch, welche informatischen Themen eine entsprechende fachliche Basis hierfür bilden. Daher müssen jene informatischen Inhalte identifiziert werden, die jede bzw. jeder in der digitalen Welt benötigt und die damit die Basis für eine inhaltliche Ausgestaltung von entsprechenden Bildungsangeboten schaffen.

In diesem Kapitel soll demzufolge aus informatikdidaktischer Perspektive anhand existierender informatischer Kursangebote für Studierende anderer Fachrichtungen untersucht werden, wie informatische Bildung als Teil digitaler Bildung inhaltlich ausdifferenziert werden sollte. Die zugehörige Forschungsfrage lautet dementsprechend:

- (RQ4) Wie sollte informatische Bildung als Teil von Bildung in der digitalen Transformation inhaltlich ausgestaltet werden?

Die Ergebnisse ermöglichen es, konkrete Angebote für informatische Bildung als Teil digitaler Bildung hinsichtlich der Wahl der Inhalte auszugestalten. Neben schulischer Bildung sind hier auch Angebote für angehende Lehrkräfte zentral, um sie auf die im vorherigen Kapitel skizzierten veränderten Anforderungen vorzubereiten. Vor der Darstellung der Methodik in Kapitel 6.2 wird im Folgenden zunächst der Hintergrund der Analyse beschrieben. In Kapitel 6.3 werden anschließend die Ergebnisse der Analyse präsentiert, ehe diese in Kapitel 6.4 diskutiert und jene Aspekte abgeleitet werden, die in der digitalen Welt als wesentlich „für alle“ erachtet werden.

6.1 Hintergrund

Für die inhaltliche Ausgestaltung sind verschiedene Herangehensweisen denkbar. So können Inhalte zum einen normativ durch Expertinnen und Experten festgelegt und argu-

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

mentativ untermauert werden, andererseits aber auch durch eine empirische Erhebung der Inhalte ermittelt werden, die bereits existierende Angebote als wichtig erachten. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Ansätze diskutiert und hinsichtlich der Eignung zur Beantwortung der Forschungsfrage bewertet.

Einen Anhaltspunkt liefern verschiedene Ansätze, die versuchen, die Wissenschaft Informatik zu charakterisieren und der Allgemeinheit nahezubringen, indem sie die zeitunabhängigen, zentralen Konzepte herausarbeiten. Aufgrund des raschen Wandels der Fachdisziplin Informatik konzentriert sich die Informatik in der Vermittlung seit jeher auf zugrunde liegende Konzepte und Prinzipien. Dabei gibt es verschiedene Kategorisierungen bzw. Kataloge, die wichtige und zeitlose Aspekte der Informatik erfassen. Diese wählen jedoch unterschiedliche Ansätze, wie im Folgenden gezeigt wird.

Fundamentale Ideen der Informatik. Schwills Ansatz zur Charakterisierung der Disziplin resultierte in den fundamentalen Ideen der Informatik (Schwill, 1993). Ausgehend von der Softwareentwicklung als Kernaufgabe der Informatik identifizierte er zentrale Handlungs- bzw. Denkweisen, Konzepte, Beschreibungs- und Erklärungsschemata – also Ideen – basierend auf vier bzw. in einer erweiterten Version auch fünf Kriterien (vgl. Schwill (1993) bzw. Schwill (1998)):

- **Horizontalkriterium:** Eine fundamentale Idee ist „in verschiedenen Gebieten des Bereichs vielfältig anwendbar oder erkennbar“ (Schwill, 1998).
- **Vertikalkriterium:** Sie ist zudem auf nahezu jedem beliebigen intellektuellen Niveau vermittelbar.
- **Zielkriterium:** Gleichzeitig soll sie der „Annäherung an eine gewisse idealisierte Zielvorstellung“ (Schwill, 1998) dienen, obgleich jene nicht unbedingt erreichbar sein muss.
- **Zeitkriterium:** Außerdem ist eine längerfristige und vermutlich auch zukünftige Relevanz Voraussetzung.
- **Sinnkriterium:** Schlussendlich besitzt sie auch „einen Bezug zu Sprache und Denken des Alltags und der Lebenswelt“ (Schwill, 1998).

Aus der Anwendung dieses Kriterienkatalogs auf den Softwareentwicklungsprozess resultierten die drei Masterideen *Algorithmisierung*, *Sprache* und *Strukturierte Zerlegung*. Diesen drei Masterideen ordnete Schwill insgesamt 63 fundamentale Ideen unter (vgl. Abb. 6.1).

¹⁵Die aktuelle Version stammt aus dem Jahr 2015, eine etwas andere Darstellung findet sich in Denning (2003).

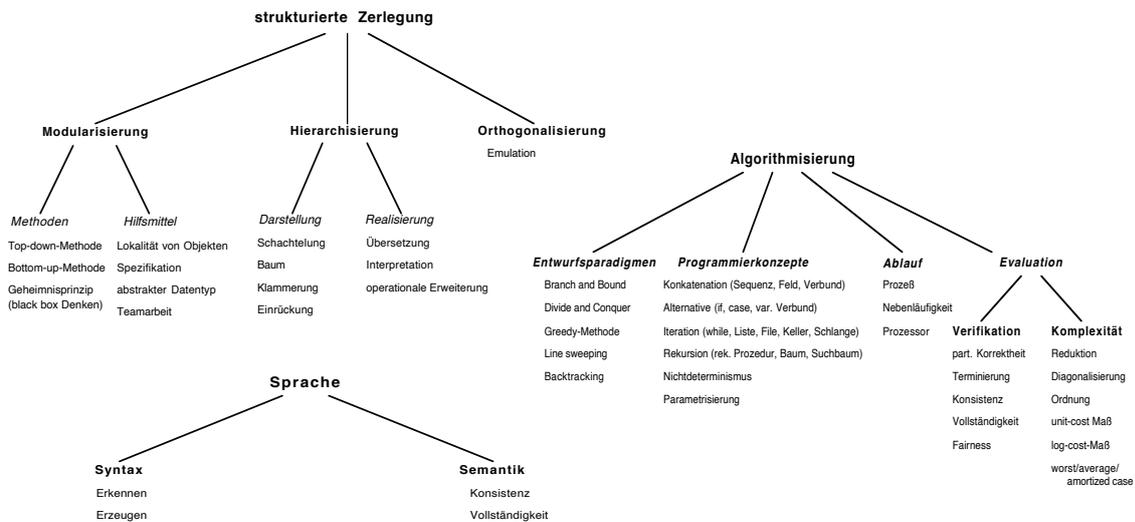


Abbildung 6.1: Die drei Masterideen *Algorithmisierung*, *Strukturierte Zerlegung* und *Sprache* nach Schwill (1993)

Great Principles of Computing. Dennings *Great Principles of Computing* (Denning und Martell, 2015)¹⁵ orientieren sich ebenfalls stark an der Fachsicht. Das Modell unterscheidet vier Bereiche (siehe Abbildung 6.2). Die Praktiken (Computing Practices) beschreiben übliche Tätigkeiten von Informatikerinnen und Informatikern wie das Programmieren. Die Prinzipien (Principles) umfassen zum einen Designprinzipien wie Richtlinien beim Systementwurf oder typische Softwaremuster und zum anderen die an der Physik orientierten Mechanismen (Mechanics) wie Koordination, die Verhalten und Struktur von Informatiksystemen beschreiben. Kerntechnologien (Core Technologies) umfassen unter anderem Programmiersprachen, Human-Computer-Interaction oder Betriebssysteme. Diese Kerntechnologien werden von Praktikerinnen und Praktikern wiederum in verschiedenen Anwendungsfeldern (Computing Domains) eingesetzt.

Big Idea of K12 Computing. Einen stärker an der Schule ausgerichteten Ansatz verfolgten Bell, Tymann, Yehudai et al. (2018) mit ihren Big Ideas of K12 Computing. Basierend auf dem Feedback von Curriculumsentwicklerinnen und -entwicklern sowie Expertinnen und Experten im Bereich der Informatikdidaktik haben die Autoren in Anlehnung an die Big Ideas in Science die zehn großen Ideen der Schul informatik synthetisiert. Das Ergebnis ist untenstehender Ideenkatalog, wobei die Nummerierung keine Rangfolge suggerieren soll.

1. Information is represented in digital form.

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

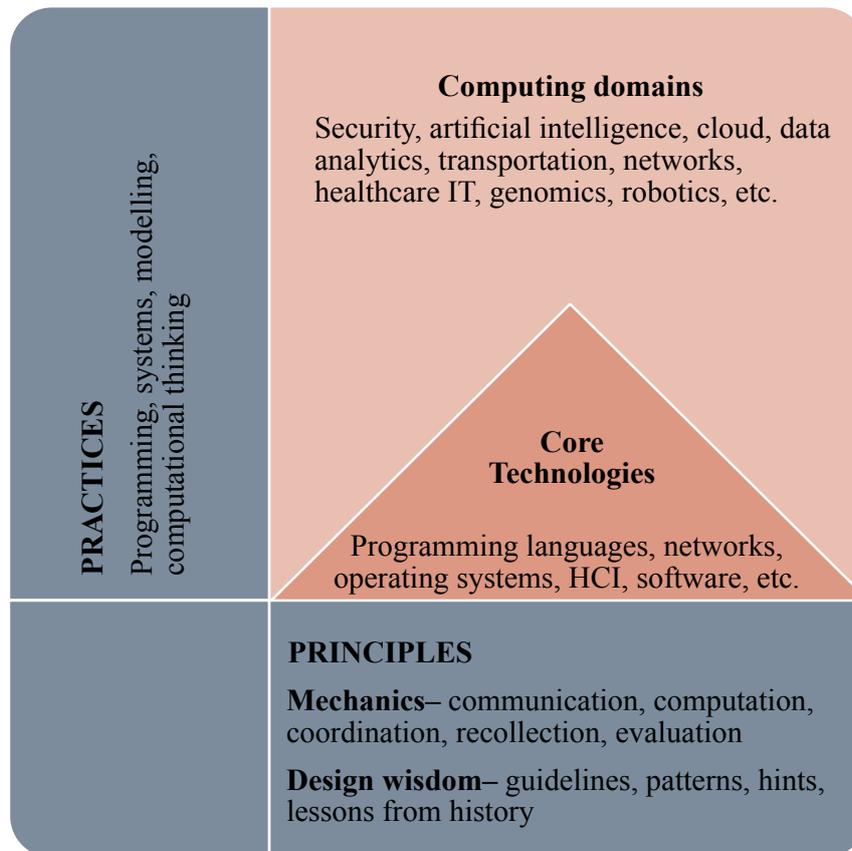


Abbildung 6.2: Prinzipienbasiertes Porträt der Informatik nach *Denning und Martell (2015)*

2. Algorithms interact with data to solve computational problems.
3. The performance of algorithms can be modelled and evaluated.
4. Some computational problems cannot be solved by algorithms.
5. Programs express algorithms and data in a form that can be implemented on a computer.
6. Digital systems are designed by humans to serve human needs.
7. Digital systems create virtual representations of natural and artificial phenomena.
8. Protecting data and system resources is critical in digital systems.
9. Time dependent operations in digital systems must be coordinated.

10. Digital systems communicate with each other using protocols.

Die Ideen sollen Lehrkräften helfen, das „große Ganze“ im Blick zu behalten. Nach Aussage der Autoren ist die Liste zudem nicht notwendigerweise vollständig. Sie umfasst aber die Schlüsselideen, von deren Kenntnis den befragten Fachleuten folgend alle Schülerinnen und Schüler profitieren würden. Das zugehörige Webdokument (*Bell, Tymann und Yehudai, 2011*) enthält zusätzliche Ausführungen und Beispiele. Im Vergleich zu den fachlich orientierten Ansätzen von Schwill und Denning sind diese deutlich grundlegender und allgemeiner. Sie helfen aber, die Inhalte eines Lehrplans mit den Auswirkungen auf die Menschen in Beziehung zu setzen.

Fazit. Während Denning und Schwills Ansätze vor allem aus dem Fach heraus motiviert sind, bezieht sich der Ansatz von Bell konkret auf Schulbildung und nennt zehn wesentliche Ideen, die hinter Informatik in der Schule stehen und damit auch wichtige Themen für die Schul informatik darstellen. Aus diesen Ansätzen lassen sich einige Grundsätze ableiten, die auch für die inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Teil digitaler Bildung zu beachten sind. So sollten, wie Schwill mit seinem Ansatz betont, zum einen nur langfristig relevante Themen betrachtet werden. Zum anderen gilt es den Great Principles folgend Praktiken und Prinzipien zu betrachten, die sich in verschiedenen Anwendungsfeldern finden. Allerdings geben etwa Schwills und Dennings Ansatz kaum Hinweise darauf, welche Themen insbesondere im Kontext der Digitalisierung relevant sind. Ausschließlich diese Ansätze zu analysieren hätte daher den Nachteil, dass keine konkreten Inhalte für Angebote digitaler Bildung abgeleitet werden könnten oder ein starker Fokus auf stark fachlichen Aspekten wie dem Softwareentwicklungsprozess liegen würde.

Für die inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Teil digitaler Bildung gilt es daher weitere Perspektiven einzunehmen. Eine Möglichkeit besteht in der Analyse bestehender Angebote. Nachdem die Veränderungen in den Fächern teilweise auf eine Veränderung in den Disziplinen zurückzuführen sind und davon auszugehen ist, dass Angebote für Studierende gegenüber Angeboten für Schülerinnen und Schüler stärker in der Tiefe als in der Breite der Inhalte variieren, können existierende Kurse für Studierende anderer Fachrichtungen helfen, relevante Themen für informatische Bildung als Teil digitaler Bildung zu identifizieren. Ähnliche Analysen wurden bereits sowohl für die Themen in Informatikbachelorstudiengängen (*Bröker, Kastens und Magenheim, 2015*) als auch für die Themen des Schulunterrichts (*Hubwieser et al., 2015*) mithilfe eines empirischen Ansatzes durchgeführt. Eine Analyse von Kursen für Studierende anderer Fachrichtungen bietet darüber hinaus mehrere Vorteile gegenüber einer Analyse von Schulcurricula. Zum einen werden in einem Schulcurriculum gerade in unteren Klassenstufen noch stärker eher anwendungsbezogene Inhalte vermittelt. Zum anderen steht in einem über mehrere Jahre angelegten Schulcurriculum oft mehr Zeit zur Verfügung, um weit mehr als die Grundla-

gen zu behandeln. Darüber hinaus wird mit einer Analyse von Schulcurricula zunächst auch nur die rein informatische Perspektive und weniger die im Sinne einer digitalen Bildung aus informatischer Sicht auch relevanten Aspekte für digitale fachliche Bildung in anderen Fächern analysiert, insbesondere da unklar ist, inwiefern Schulcurricula Bezüge zu anderen Fächern herstellen.

6.2 Methodik

Um die Forschungsfrage zu beantworten, erscheint in Ermangelung entsprechender normativer Referenzrahmen ein empirischer Ansatz zielführend. Hierzu ist jedoch eine passende Datenbasis notwendig, da, wie gerade beschrieben, Schulcurricula aus mehreren Gründen weniger geeignet sind. Allerdings bieten mittlerweile viele Hochschulen Informatikveranstaltungen für Studierende anderer Fachrichtungen an, die ähnliche Ziele verfolgen wie durch digitale Bildung angestrebt. Die Materialien jener Kurse bilden einen umfangreichen Datenpool für einen entsprechenden empirischen Ansatz, der die für Studierende anderer Fächer und damit auch die im Sinne einer digitalen Bildung „für alle“ bedeutenden Aspekte der Informatik identifizieren soll. Diese Datenbasis erlaubt es, die Gemeinsamkeiten verschiedener Ansätze informatischer Bildung für alle zu erfassen.

Die Konzeption von Informatikkursen für Studierende anderer Fachrichtungen erfordert, bei meist nur einem Semester zur Verfügung stehender Zeit, eine bewusste Auswahl der zu erreichenden Ziele, zu behandelnden Themen oder zu verwendenden Werkzeuge. Daher sollte sich ein gemeinsamer Kern, der für alle Fächer benötigt wird, auch in entsprechenden Hochschulkursen für diese Zielgruppe widerspiegeln. Nachdem gegenüber schulischen Anforderungen eher eine Fokussierung auf die Tiefe und weniger die Breite zu erwarten ist, kann eine Analyse dieser Kurse demnach helfen, wesentliche Aspekte für Informatik als Grundlage digitaler Bildung zu identifizieren. Dabei können im Kurs behandelte Themen nicht losgelöst von den angestrebten Zielen betrachtet werden, da diese möglicherweise direkt von diesen beeinflusst werden. Gleichzeitig beziehen sich informatische Bildungsangebote oft stark auf Programmierwerkzeuge bzw. -sprachen. Im weiteren Verlauf werden daher folgende Teilfragen untersucht:

- (RQ4.1) Welche Ziele setzen sich Informatikkurse für Studierende anderer Fachrichtungen?
- (RQ4.2) Welche Themen bzw. Themenbereiche der Informatik sind in Informatikkursen für Studierende anderer Fachrichtungen zentral?
- (RQ4.3) Welche Typen von Programmiersystemen werden in Informatikkursen für Studierende anderer Fachrichtungen eingesetzt?

Das Vorgehen orientiert sich zunächst an den Schritten der qualitativen Inhaltsanalyse nach *Mayring (2000)*. Ziel dieser Analyse ist es, die zentralen Aspekte des untersuchten Materials kontextabhängig vollständig abzubilden. Zentral ist dabei die Auswahl einer geeigneten Datenbasis, die möglichst repräsentativ sein sollte. In dieser Untersuchung werden daher 70 nationale wie internationale Kurse mit verschiedenen Ansätzen und unterschiedlichen Zielgruppen berücksichtigt.

Grundlegend für die Ansätze Schwills und Dennings ist die Annahme, dass informatische Bildung sich auf zeitbeständige Aspekte fokussieren sollte. Daher wurden Dokumente von 2001 bis 2018 berücksichtigt.¹⁶ Kurse, die ausschließlich das Erlernen einer bestimmten Programmiersprache oder den Umgang mit bestimmten Anwendungen zum Ziel hatten, ohne sich auf die zugrunde liegenden Konzepte zu beziehen, wurden nicht in die Datenbasis übernommen. Kriterien waren außerdem eine Berücksichtigung in Studienplänen für Studierende anderer Fachrichtungen und ausreichend verfügbare Informationen in Form konkret benannter Ziele und Themen. Die Datenbasis umfasst sowohl Kurse, die rein für bestimmte Studierendengruppen wie angehende Lehrerinnen und Lehrer, Historikerinnen und Historiker oder Biologinnen und Biologen konzipiert sind, als auch solche für alle Studierenden der jeweiligen Bildungseinrichtung.

Eine anfängliche Auswahl erfolgte mithilfe verfügbarer Publikationen in der ACM Digital Library. Hier wurde eine Schlagwortsuche mit „computing education“, „computer science education“, „computer science for non-majors“, „computing curriculum“ bzw. „CS0“ durchgeführt. Dabei wurden jeweils die ersten 200 Treffer sortiert nach Relevanz begutachtet. Innerhalb Deutschlands wurden die Vorlesungsverzeichnisse aller staatlichen Universitäten hinsichtlich der Begriffe „Informatik“, „Computer“ und „digital“ durchsucht und für die endgültige Auswahl die entsprechenden Kurse anschließend auf Relevanz nach oben genannten Kriterien hin untersucht. Ergänzend erfolgte eine ausführliche Internetrecherche. Diese lieferte neben zusätzlichen Informationen zu den Kursen wie Wochenpläne und Skripten auch Material von weiteren Veranstaltungen. Standen zu einem Kurs mehrere Quellen zur Verfügung, so wurde jeweils eine Auswahl getroffen, die insbesondere auf Detailgrad und Aktualität der Dokumente basierte. Eine Übersicht über Universitätsstandorte der untersuchten Kurse findet sich in Abbildung 6.3.

Der nächste Schritt ist die Entwicklung eines Kategoriensystems. Ein solches kann entweder deduktiv aus bestehender Theorie oder induktiv aus der Datengrundlage abgeleitet werden. Bei den Untersuchungsaspekten Ziele und Inhalte wurde eine induktive Kategorienbildung vorgenommen – ein Vorgehen, das auch bei *Hubwieser et al. (2015)* gewählt wurde. Damit reduziert sich das Risiko, wichtige Aspekte aufgrund vorher festgelegter Kategorien nicht zu berücksichtigen. Wie die Klassifizierung von didaktischen Program-

¹⁶Der Zeitraum liegt darin begründet, dass die Datenlage vor 2001 sehr schwach war und die Analyse im Jahr 2018 durchgeführt wurde.

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

miersystemen von *Kelleher und Pausch (2005)* zeigt, können Programmierwerkzeuge auch bestimmte Ziele unterschiedlich gut unterstützen: Deren Kategorisierung von Programmierumgebungen für Lernende unterscheidet Teaching und Empowering Systems und kann im Rahmen von Bildungsangeboten dazu verwendet werden, mögliche Intentionen zu erfassen, die mit genutzten Werkzeugen einhergehen. Während Teaching Systems dazu entwickelt wurden, Lernende an professionelle Programmierung heranzuführen, liegt der Fokus bei Empowering Systems eher darauf, Lernenden das Kreieren eigener Projekte zu erlauben. Daher wurde für den dritten Aspekt (Programmiersprachen und -werkzeuge) auf eine deduktive Entwicklung der Kategorien auf Basis dieses Ansatzes zurückgegriffen, es wurden jedoch induktive Ergänzungen zugelassen.



Abbildung 6.3: Übersicht über die untersuchten Kurse für Studierende anderer Fachrichtungen

Die Darstellung der Ziele, Inhalte und Themen innerhalb der Kurse variierte teils deutlich. Während einige Veranstaltungskalender oder Syllabi sich auf eine Stichwortliste ihrer Inhalte beschränkten, enthielten andere weitaus detailliertere Informationen. Daher konnte eine zu kodierende Textpassage (Coding) sowohl aus einem Einzelwort, wie dem Titel einer Vorlesung, als auch aus einem ganzen Satz, beispielsweise einem Lernziel eines Kurses, bestehen. Insbesondere aus einem einzelnen Wort bestehende Codings wurden stets im Kontext interpretiert: Bei einer Verwendung des Wortes in anderem Sinnzusammenhang oder zur Abgrenzung von anderen Begriffen erfolgte keine Kodierung. Soweit verfügbar wurde zusätzliches Material zur Explikation herangezogen.

Nach Auswahl des Materials sowie Festlegung der Kategoriensysteme und Kodierungskriterien wurde die eigentliche Analyse softwaregestützt mit der Analysesoftware MaxQDA durchgeführt. Ausgangspunkt war ein Set bestehend aus zehn Kursen, sukzessive erweitert

um je drei bis fünf weitere Kurse. Dabei wurde für jedes neu auftretende Coding überprüft, ob dieses in eine bereits bestehende Kategorie eingeordnet werden kann oder, wenn nicht, eine neue Kategorie angelegt werden muss. Sollte eine neue Kodierung hingegen in mehr als eine Kategorie passen, so waren die betroffenen Kategorien zu speziell und wurden zu einer neuen Kategorie mit entsprechender Benennung zusammengefasst. Nach jeder dieser Erweiterungen wurde auch das zuvor bereits analysierte Material neu bewertet und gegebenenfalls bereits existierende Codings neu eingeordnet oder Kategorien vereinigt.

Wegen des unterschiedlichen Detailgrads in der Darstellung durch die verschiedenen Autorinnen und Autoren ist eine Aussage aufgrund der Anzahl an Kodierungen pro Dokument und deren jeweiliger Länge nicht valide möglich. Eine Vielzahl an Kodierungen eines Aspekts lässt nicht zwangsläufig auf eine höhere Bedeutung dieses Aspekts schließen. Zur Darstellung und Interpretation der Ergebnisse wurden daher die relativen Häufigkeiten eines Themas über alle Dokumentgruppen ermittelt. Dabei wurde das Auftreten einer Kategorie pro Dokumentgruppe als Wahrheitswert (d. h. 0 für nicht vorhanden bzw. 1 für vorhanden in Bezug auf alle zu einem Kurs gehörigen Dokumente) kodiert. Da vor allem die Bedeutung einzelner Themenbereiche relativ zu anderen von Interesse war, ist eine solche Quantifizierung der Beantwortung der Fragestellungen zuträglich. Eine solche Verknüpfung qualitativer und quantitativer Auswertung schlägt auch *Mayring (2001)* vor. Ähnliche Ansätze wurden zudem bereits mehrfach zur Analyse von Curricula angewendet (beispielsweise bei *Bröker, Kastens und Magenheim (2015)* und *Grillenberger und Romeike (2014)*).

6.3 Ergebnisse

6.3.1 Verfolgte Ziele

Die Kursverantwortlichen verfolgen mit ihren Angeboten bestimmte Absichten. Während einige Kurse hierbei vor allem ein einzelnes Ziel in den Vordergrund stellten, verfolgten andere eine Kombination mehrerer Ziele. Deren inkrementelle Kategorisierung führte zu vier verschiedenen Typen. Ein Kurs verfolgte dabei im Schnitt Ziele aus 1,87 dieser Kategorien, wobei in der Mehrheit 2 intendierte Ziele je Kurs identifiziert wurden.

(G1) Denkweisen. In diese Kategorie fallen Kurse, die das Vermitteln bestimmter Denkweisen als ein primäres Ziel herausstellen. Dazu gehören das Vermitteln von Computational Thinking, algorithmischem, kreativem oder auch problemlösendem Denken.

¹⁷In Ermangelung eines passenden deutschen Begriffs wurde hier der englische Begriff Fluency gewählt.

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

(G2) Fluency. Durch informatische Bildung wird ein tieferes Verständnis der verwendeten Technologien vermittelt. Studierende sollen befähigt werden, Informatiksysteme effizient und gewinnbringend zur Lösung von Problemen einzusetzen.¹⁷

(G3) Breite. Kurse sollen einen Überblick über das Fachgebiet Informatik geben. Den Studierenden werden zentrale Ideen und Schlüsselkonzepte der Wissenschaft Informatik aufgezeigt. Es geht häufig auch darum, ein (breites) Bild der Disziplin zu vermitteln und gleichzeitig das Verständnis für dessen grundlegende Konzepte zu schaffen.

(G4) Gesellschaft. Studierende sollen den Einfluss und die Auswirkungen von Informatik und Informatiksystemen auf die Gesellschaft und auf ihr persönliches zukünftiges Leben verstehen. Es gilt ausreichend Informatikwissen zu erwerben, um beispielsweise Auswirkungen von Informatiksystemen diskutieren zu können.

Bezogen auf die Datenbasis zeichnet sich ein Trend zu den Zielkategorien (G3) Breite und (G1) Denkweisen ab, die insgesamt in 41 (59%) bzw. 38 Kursen (54%) vorkamen. (G2) Fluency wurde in 29 (41%), (G4) Gesellschaft zumindest in 23 Kursen (33%) kodiert. Unter den Publikationsquellen dominiert die Kategorie (G1) Denkweisen mit 75%. Obwohl die Kategorie bereits zu Beginn der betrachteten Zeitspanne kodiert werden konnte, ist insbesondere nach Popularisierung des Begriffs „Computational Thinking“ ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen.

Zusätzlich zu den Intentionen der Kurse fanden sich in den Dokumenten auch Begründungen, warum jeder Studierende informatische Bildung erwerben sollte. In Bezug auf die ersten beiden Kategorien werden insbesondere die Notwendigkeit der Vorbereitung auf zukünftige berufliche Tätigkeiten bzw. die Aussicht auf höher bezahlte Jobs (Berufs- und Arbeitsweltargument) und eine steigende Problemlösekompetenz (Problemlöseargument) angeführt. Aber auch bei (G3) findet sich das Berufs- und Arbeitsweltargument. In Zusammenhang mit der Kategorie (G1) Denkweisen wird oft auch das Wissenschaftsargument betont – Informatikkompetenz hilft, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen. Argumente aus der Kategorie „Verständnis und Teilhabe“ finden sich hingegen vor allem bei den Kursen der Kategorie (G3) und (G4). Nur bei (G2) Fluency findet sich hingegen das Konzeptwissenargument.

6.3.2 Betrachtete Themenbereiche

Die analysierten Dokumente zeigen eine Vielfalt an Zugängen zu informatischer Bildung für Studierende anderer Fachrichtungen, beispielsweise über Geoinformationssysteme oder

Datenanalysen. Die Ergebnisse im letzten Abschnitt offenbarten die verschiedenen vorhandenen Ziele, deren Fokus sich teils deutlich unterscheidet. Aus diesem Grund sollten die Themen auch im Kontext der jeweiligen Intentionen betrachtet werden. Die aggregierten Themennennungen wurden hierzu mit den identifizierten Zielen der Kurse ins Verhältnis gesetzt. Die relativen Häufigkeiten einzelner Themenbereiche bezüglich der Zielkategorien sind in Abbildung 6.4 dargestellt.

Trotz der unterschiedlichen Zielsetzungen lassen sich gemeinsame Themenbereiche feststellen, die in jeder Zielkategorie in über 50% der Kurse kodiert wurden. Diese gemeinsame Basis wird aus den sieben Themenbereichen Algorithmen, Programmierung, Repräsentation von Daten, Computerorganisation, soziale Implikationen, Datennutzung sowie Netzwerke gebildet. Damit wurde beispielsweise der Umgang – z. B. Analyse oder Visualisierung – mit (mehr oder weniger großen) Datenmengen deutlich häufiger thematisiert als traditionelle Themenbereiche wie Datenbanken oder formale Sprachen.

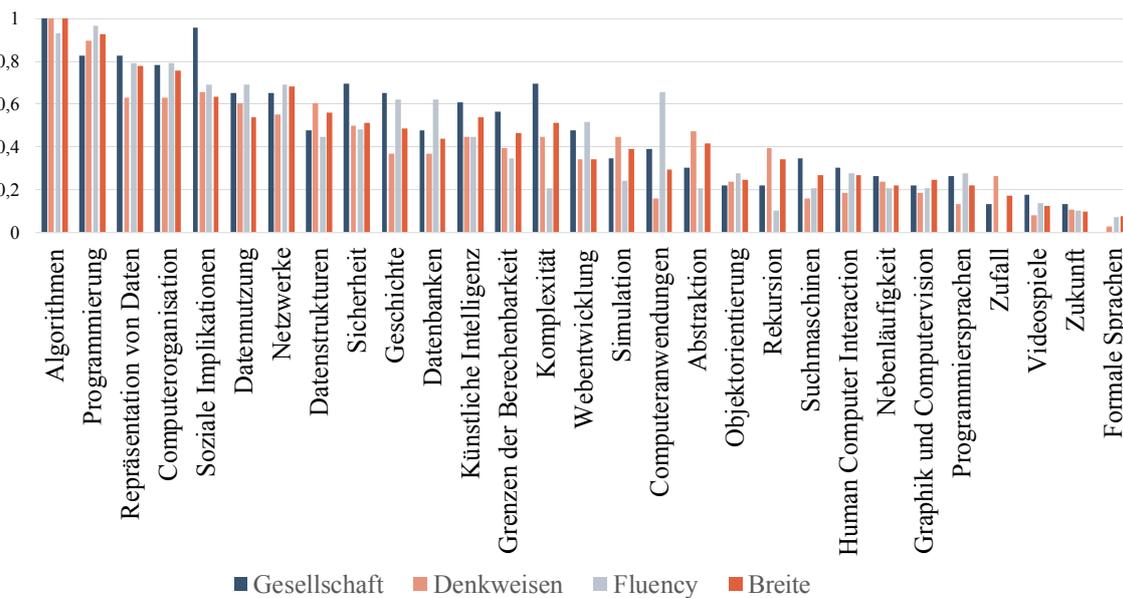


Abbildung 6.4: Relative Häufigkeiten verschiedener Themenbereiche in den betrachteten Materialien

Es zeigt sich, dass neben absolut grundlegenden Themenbereichen wie Algorithmen, Programmierung oder Repräsentation von Daten auch eher technische Themenbereiche wie Computerorganisation (Komponenten eines Rechners, die Von-Neumann-Architektur und logische Schaltungen) oder Netzwerke (insbesondere Aufbau und die Funktionsweise des

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

Internets) im Rahmen eines einsemestrigen Angebots von einer Mehrheit der untersuchten Kurse als relevant eingestuft wurden.

Eine Analyse der Häufigkeiten bezogen auf einzelne Zielkategorien erlaubt weitere Einblicke und lässt bestimmte Zusammenhänge erkennen. Hier sollten jeweils mindestens drei kategoriespezifischen Themenbereiche identifiziert werden. Daher wurden zunächst alle Themen über 50% aufgenommen. Sollten dies weniger als drei Themen sein, wurde das nächsthäufigste Thema bzw. bei Prozentgleichheit die nächsthäufigsten Themen mitaufgenommen. Tabelle 6.1 zeigt die resultierenden Themen. So enthalten Kurse aus der Kategorie (G2) *Fluency* eher die Themen Anwendungssoftware, Geschichte, Datenbanken oder Webentwicklung. Kurse mit gesellschaftsbezogenen Zielen betonen Sicherheit, Komplexität, Grenzen der Berechenbarkeit und geschichtliche Aspekte stärker, während sich bei der Kategorie (G3) *Breite* Datenstrukturen, künstliche Intelligenz, Komplexität oder Sicherheit hervortun. Sofern primäre Kursziele vor allem das Vermitteln von Denkweisen und Problemlösestrategien sind, ist die Anzahl weiterer (häufiger) Themen im Vergleich zunächst geringer: Über 50% kommen hier die Themen Datenstrukturen und Sicherheit. Knapp darunter (jeweils 45%) sind hingegen die Themen Simulationen, künstliche Intelligenz und Komplexität.

(G1) Denkweisen	(G2) Fluency	(G3) Breite	(G4) Gesellschaft
Datenstrukturen	Anwendungssoftware	Datenstrukturen	Sicherheit
Sicherheit	Geschichte	Künstliche Intelligenz	Komplexität
Simulationen*	Datenbanken	Komplexität	Geschichte
Künstliche Intelligenz*	Webentwicklung	Sicherheit	Künstliche Intelligenz
Komplexität*			Grenzen der Berechenbarkeit

Tabelle 6.1: Zielkategoriespezifische Themenbereiche: Mit Stern sind jene Themenbereiche markiert, die in weniger als 50% der Kursen mindestens aber 45% der Kurse einer Kategorie kodiert wurden.

6.3.3 Typen eingesetzter Programmiersprachen und -werkzeuge

Die Analyse zeigte auch, dass Kurse häufig eng mit ihren verwendeten Werkzeugen verzahnt sind. Während einige Kurse aber das Programmieren stark in den Fokus rückten und eine bzw. ein oder mehrere Programmiersprachen bzw. -werkzeuge einsetzten, verzichteten 10% der Kurse explizit auf die Verwendung eines Programmierwerkzeugs.

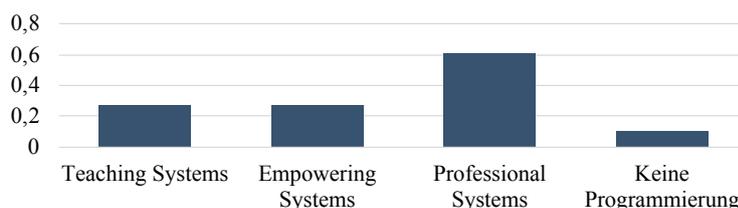


Abbildung 6.5: Relativer Anteil verwendeter Werkzeuge gruppiert nach Typ

Wie Abbildung 6.5 zeigt, finden professionell genutzte Werkzeuge die größte Verbreitung. In mehr als der Hälfte der Kurse werden auch – oder sogar ausschließlich – professionell genutzte Systeme eingesetzt, vor allem basierend auf Python. In den Kategorien (G1), (G2) und (G3) zeigt sich ein ähnliches Bild: Mit 65–72% liegt ein hoher Anteil professionell genutzter Systeme bzw. Sprachen vor, während Empowering Systems in rund einem Viertel der Kurse eingesetzt werden und nur 7–8% auf Programmiersysteme verzichten. In der Kategorie (G4) Gesellschaft hingegen setzen anteilig mehr Kurse auf Empowering Systems (35%) bzw. verzichten auf Programmierung (17%). Nur 43% verwendeten hier professionell genutzte Systeme. Bei Empowering Systems ist nicht entscheidend wie gut das erlernte Wissen auf in der Praxis übliche Programmierwerkzeuge übertragen werden kann, sondern dass die Nutzerinnen und Nutzer mit diesen so viel wie möglich umsetzen können (*Kelleher und Pausch, 2005*).

6.4 Diskussion

Die Analyse der Kurse kann nun verwendet werden, um abzuleiten, welche Aspekte der informatischen Bildung in der digitalen Welt als Grundlage „für alle“ als wesentlich erachtet werden.

Ein Blick auf die Themenbereiche zeigt, dass sich hier ein klarer Kern an *Basisthemen* identifizieren lässt. Algorithmen, Programmierung und die Repräsentation von Daten gemeinsam mit technischen Grundlagen von Computern und des Internets stellen die Basis dar. Gleichzeitig gehören auch soziale Implikationen und der Umgang mit Daten zu diesem Kern. Darüber hinaus zeigen vor allem Kurse mit den Zielen (G1) Denkweisen bzw. (G4) Gesellschaft Übereinstimmung mit den in Kapitel 3 identifizierten Beiträgen der Informatik zu digitaler Bildung. Aufgrund dieser besonderen Nähe zu den Zielen digitaler Bildung hilft gerade ein Blick auf die zusätzlichen Themen dieser Zielkategorien. Für Kursangebote, die sich mit den Auswirkungen der Digitalisierung und insbesondere fachlichen Themen beschäftigen, gilt es daher, die *Aufbau Themen* Sicherheit, Komplexität, Geschichte, künstli-

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

che Intelligenz, Simulationen und Grenzen der Berechenbarkeit zu bedenken. Um auch informatische Denkweisen zu fördern, sind zudem noch Datenstrukturen zu bedenken.

Vergleicht man die gesamte Liste an Themen aus der induktiven Analyse mit bekannten Katalogen, zeigt sich, dass alle zehn „Big Ideas“ nach Bell et al. (Bell, Tymann und Yehudai, 2018) in den Kategorien enthalten sind. Aufgrund der anderen Veranlagung sind Vergleiche zu Schwill und Denning jedoch nicht zielführend.

Auch Schulcurricula scheinen teils andere Schwerpunkte zu setzen. Im Vergleich zur Untersuchung der Schulcurricula durch *Hubwieser et al. (2015)* weisen die Ergebnisse dieser Analyse ein abweichendes Kategoriensystem auf. Nichtsdestoweniger verfügen einige Kategorien über ein Äquivalent in der jeweils anderen Untersuchung. Die Gegenüberstellung zeigt, dass Anwendungssoftware, Datenstrukturen, formale Sprachen, Datenbanken sowie Betriebssysteme und Geräte in den acht untersuchten Schulcurricula anteilig deutlich häufiger kodiert wurden als in Hochschulkursen für Studierende anderer Fachrichtungen. Auf der anderen Seite war der Stellenwert von Themen wie dem Umgang mit Daten, künstlicher Intelligenz oder sozialen Implikationen im hier untersuchten Material höher. Gegenüber der Analyse der Schulcurricula konnte in der hier vorliegenden Untersuchung zudem eine größere Datenbasis für die Ergebnisse herangezogen werden.

Unterschiede zeigen sich aber auch zu traditionellen Hochschulkursen. Viele der bei Bröker et al. (Bröker, Kastens und Magenheim, 2015) identifizierten Themenbereiche für Informatikstudierende sind in Veranstaltungen für Studierende anderer Fachrichtungen nicht relevant. Auswirkungen auf die Gesellschaft werden hingegen in Modulen für Informatikerinnen und Informatiker deutlich seltener thematisiert. Indes hat auch das Thema Simulationen relativ betrachtet bei Kursen für Studierende anderer Fachrichtungen eine höhere Bedeutung.

Neben den Themen waren auch verwendete Programmierwerkzeuge Teil der Untersuchung. Obwohl Empowering Systems auch im universitären Kontext eingesetzt werden, zeichnet sich dennoch eine Tendenz hin zu transferierbarem Wissen oder professionellen Systemen ab. Gründe dafür dürften in der Verbreitung von Sprachen wie Python beispielsweise bei wissenschaftlichen Berechnungen liegen. Der geringste Anteil an Teaching Systems bzw. professionell genutzten Werkzeugen zeigt sich bei Kursen der Zielkategorie (G4). Da im Kontext digitaler Bildung eine Übertragbarkeit jedoch, anders als bei Kursen, die auch einen späteren professionellen Einsatz der Werkzeuge nicht ausschließen, nicht gegeben sein muss, kann hier in der Tradition von eben solchen Kursen auf Empowering Systems zurückgegriffen werden.

Eine mögliche Einschränkung der Validität der Ergebnisse stellt die Fokussierung auf Hochschulkurse dar. So könnten entsprechende Kurse eine sehr viel stärkere Berufsvorbereitung und Wissenschaftsorientierung beinhalten als zunächst als Grundlage in der

digitalen Welt notwendig wäre. Da aber gerade Kurse der Kategorie (G1) und (G4) starke Übereinstimmungen zu dem in Kapitel 3 auf Basis der Argumente untersuchten Beitrag der Informatik zu digitaler Bildung zeigen und bei Hochschulkursen vor allem eine tiefere Auseinandersetzung und weniger eine höhere Breite an Themen zu erwarten ist, ist von einer ausreichenden Repräsentativität auszugehen.

6.5 Fazit

Aus diesem Kapitel geht hervor, welche informatischen Themen die fachliche Basis bilden, damit Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte den sich stetig verändernden Anforderungen der digitalen Welt begegnen können. Es zeigt, wie informatische Bildung als Teil digitaler Bildung inhaltlich ausgestaltet werden sollte und welcher gemeinsame Kern aus informatischer Perspektive benötigt wird.

Zentral waren dabei – unabhängig von der Zielkategorie – weitestgehend unstrittige Themen wie Algorithmen, Programmierung oder Repräsentation von Daten, aber auch eher technische Grundlagen von Computern und dem Internet. Gegenüber traditionellen Angeboten zeigten sich vor allem Unterschiede hinsichtlich der Berücksichtigung sozialer Implikationen, Simulationen und der Berücksichtigung von Datenanalysen und -visualisierungen. Im Sinne digitaler Bildung sind nach Kapitel 3 zudem Themen der Zielkategorien (G1) und (G4) zu beachten, weshalb auch die Themen Sicherheit, Komplexität, Simulationen, Geschichte, künstliche Intelligenz, Simulationen, Grenzen der Berechenbarkeit sowie Datenstrukturen in Erwägung gezogen werden sollten.

Die Ergebnisse bieten also einen Einblick in die verschiedenen Themenbereiche, die im Rahmen entsprechender Angebote betrachtet werden könnten. Damit können Ideen generiert, aber auch eine Einordnung bestehender Angebote getroffen werden. Die Ergebnisse weisen außerdem Unterschiede gegenüber schulischen Curricula auf: Themenbereiche wie künstliche Intelligenz oder die vielfältigen Möglichkeiten der Datenanalyse sind in der untersuchten Datenbasis deutlich präsenter als „tradierte“ Themenbereiche wie formale Sprachen oder Datenbanken.

Außerdem ermöglichen die Ergebnisse es, Inhalte für die Planung entsprechender Angebote auszuwählen. Neben schulischen Angeboten sind hier auch solche für angehende Lehrkräfte zentral, um sie auf die im vorherigen Kapitel skizzierten veränderten Anforderungen vorzubereiten. Dabei sind sowohl integrierte als auch fachspezifische Angebote denkbar. Die am häufigsten betrachteten Themenbereiche bieten dabei einen Rahmen, der auch aus unterschiedlichen fachlichen Sichten betrachtet werden kann, um beispielsweise wichtige Algorithmen oder digital repräsentierte Informationen im jeweiligen Fachgebiet zu identifizieren. Repräsentation von Daten könnte sich für Geographinnen und Geogra-

6 Inhaltliche Ausgestaltung informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation

phen beispielsweise auf Raster- und Vektordaten oder für Musikerinnen und Musiker auf MIDI und MP3 beziehen. Der Themenbereich künstliche Intelligenz könnte sich etwa exemplarisch auf KI-basierte Geschäftsmodelle für Wirtschaftslehrkräfte oder ethische Implikationen für Religionspädagoginnen und -pädagogen fokussieren.

7 Zusammenfassung und Synthese der Ergebnisse

In den in Teil II durchgeführten Untersuchungen wurde analysiert, wie die Anforderungen an Bildung in der digitalen Transformation gefasst werden können, welchen Beitrag informatische Bildung dazu leisten kann, welche informatischen Inhalte in der digitalen Welt als relevant für alle angesehen werden und inwiefern informatische Bildung eine Grundlage für fachliche digitale Bildung darstellt. In diesem Kapitel erfolgt eine Synthese der zentralen Erkenntnisse dieser Untersuchungen unter dem Blickwinkel des Beitrags informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation. Die zentralen Ergebnisse sind in Abb. 7.1 festgehalten und werden im Folgenden näher erläutert.

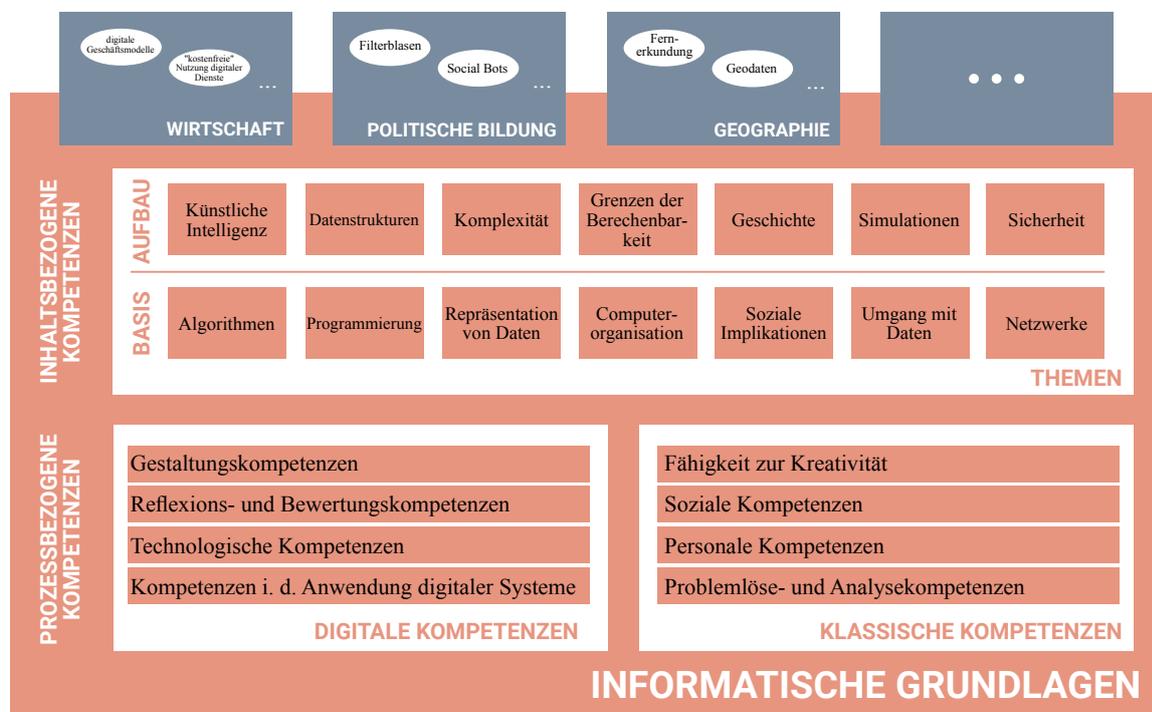


Abbildung 7.1: Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation

Auf Basis der Teilstudien dieser Arbeit lässt sich der Beitrag der informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation hinsichtlich zwei Dimensionen unterscheiden: Einerseits wurden prozessbezogene Kompetenzen und andererseits konkrete inhaltsbezogene Kompetenzen identifiziert.

7 Zusammenfassung und Synthese der Ergebnisse

Zunächst wurden in Kapitel 3 die Argumente für ein Schulfach Informatik analysiert, aus denen sich der Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen ergibt. Dabei konnten verschiedene Bereiche festgestellt werden, in denen informatischer Bildung ein Beitrag zu digitaler Bildung gemäß der in Kapitel 2 herausgearbeiteten Präzisierung zugesprochen wird. Diese Kompetenzen können dabei sowohl den digitalen als auch den klassischen Kompetenzbereichen (vgl. Kapitel 2) zugeordnet werden, die in der digitalen Welt wichtig sind.

Mit klassischen Kompetenzen werden jene Kompetenzen beschrieben, die Voraussetzung sind, die Chancen der Digitalisierung wahrzunehmen bzw. den Herausforderungen zu begegnen und die zukünftig im Privat- wie Berufsleben immer wichtiger werden, die jedoch nicht allein aufgrund der Digitalisierung von Bedeutung sind. So bildet informatische Bildung spezifisch informatische Denkweisen heraus, die Lernende zur effektiven Lösung von Problemen über die Informatik hinaus befähigen, also entsprechende Problemlöse- und Analysekompetenzen ausbilden. Gleichzeitig trägt informatische Bildung zum Erwerb überfachlicher Kompetenzen bei. In Bezug auf digitale Bildung leistet sie so einen Beitrag zu personalen, sozialen und kreativen Kompetenzen. Dabei wird vor allem auf informatische Projektarbeit Bezug genommen, die bspw. die Fähigkeit zur Selbstorganisation als personale Kompetenz, Kollaboration als soziale Kompetenz und durch die Möglichkeiten der freien Entfaltung auch kreative Kompetenzen fördert.

Andererseits trägt informatische Bildung zu den als digital bezeichneten Kompetenzen bei¹⁸, die einen konkreten Bezug zu den Artefakten, Situationen oder Phänomenen der digitalen Welt haben. So macht zunächst langfristig anwendbares Konzeptwissen unterrichtliche Anstrengungen nicht an konkreten Produkten oder Medien fest und fördert so Kompetenzen in der Anwendung digitaler Systeme. Weiterhin beziehen technologische Kompetenzen sich auf ein Verständnis der Grundprinzipien der digitalen Welt. Hier hilft informatische Bildung durch einen Fokus auf die Funktionsweise und die zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien, Artefakte, Situationen oder Phänomene der digitalen Welt zu verstehen und zu nutzen. Aufbauend darauf wird in der informatischen Bildung die gesellschaftliche Wirkung und das eigene Handeln im Zusammenhang mit digitalen Technologien reflektiert, bewertet, um so mündige Entscheidungen zu treffen. Damit wird ein wesentlicher Beitrag zur Entwicklung von im Rahmen digitaler Bildung geforderten Reflexions- und Bewertungskompetenzen geleistet. Zudem ist informatische Bildung Voraussetzung, die digitale Welt mitgestalten zu können, denn das Erstellen eigener Programme oder anderer digitaler Artefakte ist Teil der gestalterischen Kompetenzen digitaler Bildung und informatischer Bildung.

Darüber hinaus ergeben sich konkrete inhaltsbezogene Kompetenzen. Dazu wurde in Kapitel 6 anhand einer Analyse von CS4All-Kursen herausgearbeitet, wie informatische

¹⁸Zur Einordnung in den Diskurs wird hier der Begriff „digitale Kompetenzen“ gewählt.

Bildung als Teil digitaler Bildung inhaltlich ausgestaltet werden sollte. Dies ermöglicht es, konkrete Themenbereiche zu identifizieren, die aus allgemeinbildender Perspektive einen Beitrag zur digitalen Bildung leisten.

Die identifizierten Themenbereiche lassen sich unterscheiden in Basis- und Aufbauthemen. Während die in allen Kurskategorien¹⁹ als relevant eingestuft Themenbereiche als unbedingt notwendige Basisthemen betrachtet werden können, sind Aufbauthemen solche, die nicht in allen aber einem großem Teil der Kurskategorien behandelt wurden. Zu den Basisthemen zählen dabei zunächst Themen wie Algorithmen, Programmierung und Repräsentation von Daten, aber auch eher technische Grundlagen von Computern und dem Internet. Hinzu kommen soziale Implikationen und der Umgang mit Daten bspw. in Form von Datenanalysen und -visualisierungen. Zu den Aufbauthemen zählen Sicherheit, Komplexität, Geschichte, künstliche Intelligenz, Simulationen, Grenzen der Berechenbarkeit sowie Datenstrukturen.

Im Gegensatz zu dieser vor allem aus allgemeinbildender Perspektive erfolgten Betrachtung, wurden in Kapitel 5 Veränderungen in anderen Schulfächern untersucht. Diese Analyse unterstreicht die Bedeutung des Beitrags entsprechender inhaltsbezogener Kompetenzen in den identifizierten Themenbereichen auch als Grundlage für fachliche digitale Bildung in allen Schulfächern.

So ergeben sich durch die digitale Transformation etwa mit Simulationen oder Datenanalysen neue methodische Möglichkeiten für andere Schulfächer, die entsprechende informatische Bildung voraussetzen. Weiterhin legen entsprechende informatische Grundlagen auch die fachliche Basis für Inhalte, die im Zuge der digitalen Transformation zunehmend in anderen Fächern diskutiert werden. Außerdem gewinnen fachspezifische Werkzeuge im Unterricht an Bedeutung, die wiederum entsprechende informatische Kompetenzen voraussetzen. Ein konkretes, in den Fächern identifiziertes Beispiel ist etwa das Thema der digitalen Geschäftsmodelle im Wirtschaftsunterricht, das entsprechende inhaltliche Kompetenzen im Umgang mit Daten erfordert, um einschätzen zu können, welchen Wert Daten haben können. Ein weiteres Beispiel kommt aus der politischen Bildung: Wenn Themen wie Social Bots oder Filterblasen diskutiert werden, sind Grundlagen über Algorithmen oder künstliche Intelligenz notwendig. Für den Geographieunterricht werden schließlich die unterschiedliche Repräsentation von Daten und der Umgang mit Daten im Rahmen der Fernerkundung mit Satellitenbildern relevant. Diese Beispiele eignen sich auch als exemplarische Anknüpfungspunkte für informatische Bildung.

Insgesamt wird damit der Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation auf Basis der bisherigen Untersuchungen dieser Arbeit in Abbildung 7.1 zusammengefasst.

¹⁹In der Analyse wurden die Inhalte auf Basis der vier identifizierten Kurskategorien (G1)–(G4) betrachtet (vgl. Kapitel 6).

7 Zusammenfassung und Synthese der Ergebnisse

mengefasst. Das ermöglicht es nun, die Erstellung von entsprechenden Bildungsangeboten zu leiten. Dazu dienen die Übersicht über die durch informatische Bildung geförderten Kompetenzen, die Übersicht über wichtige Themen und die Anknüpfungspunkte an Fächer als Referenzen, die zur Konzeption und zum Abgleich des Curriculums herangezogen werden können. Weiterhin können die hier zusammengefassten Ergebnisse zur Analyse von bestehenden Bildungsangeboten eingesetzt werden, indem die geförderten prozessbezogenen Kompetenzen und Inhaltsbereiche mit den hier identifizierten abgeglichen werden. Zuletzt stellen die Ergebnisse auch eine Grundlage für den Austausch zwischen den Disziplinen oder mit Entscheidungsträgern zur Argumentation für informatische Bildung im Bereich digitaler Bildung dar.

Teil III:

Exemplarische Umsetzung: Informatische Bildung in der allgemeinen Lehrkräftebildung

8 digi4all – Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt

8.1 Motivation und Ausgangslage

Ein wesentlicher Faktor für ein Gelingen digitaler Bildung liegt in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften. Wie in Teil II herausgestellt wurde, kommt hierbei der Informatik eine besondere Aufgabe zu: Angehende und praktizierende Lehrkräfte aller Fächer müssen informatische Grundlagen erwerben, um die Erfordernisse digitaler Bildung etwa im Hinblick auf digitale Methoden und Themen angemessen in ihrer Unterrichtsgestaltung berücksichtigen zu können.

Trotz der steigenden Bedeutung informatischer Grundlagen in allen Disziplinen und in Dokumenten und Positionspapieren zur Lehrerbildung sind solche Ansätze, die informatische Kompetenzen explizit in der allgemeinen Lehrerbildung verankern, noch immer selten und während angehende und praktizierende Lehrkräfte grundlegende Kompetenzen in Fächern wie Mathematik oder Sprachen bereits in der Schule erwerben konnten, trifft dies auf die Informatik häufig nicht zu.

Dieser Abschnitt widmet sich daher der Entwicklung und Beforschung eines Studienangebots mit dem Namen *digi4all – Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt*, das angehenden Lehrkräften aller Fächer und Schularten grundlegende informatische Kompetenzen vermittelt. Er verdeutlicht und evaluiert damit zudem, wie die Erkenntnisse aus Teil II dieser Arbeit für die Gestaltung digitaler Bildung auf die Lehrerbildung übertragen werden können.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus Teil II sollen in diesem Kapitel damit informatische Grundlagen im Kontext digitaler Bildung in der allgemeinen Lehramtsausbildung aufbereitet werden, sodass die herausgearbeiteten Beiträge informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Welt berücksichtigt werden.

8.2 Informatik in der allgemeinen Lehrerbildung

Obgleich der gestiegenen Bedeutung der Informatik in allen Disziplinen und auch in Dokumenten zur Lehrerbildung existieren bislang nur wenige Ansätze, die Informatik in der allgemeinen Lehrerbildung verankern. Einer dieser Ansätze ist die Ringvorlesung „Informatik im Alltag“ der Universität Wuppertal (Müller, Frommer und Humbert, 2013). Die

Veranstaltung konzentriert sich auf alltägliche Phänomene, die aus Sicht der Informatik analysiert und beleuchtet werden, mit dem Ziel, Lehramtsstudierenden einen „fachlich ausgewiesenen Zugang zur Wissenschaft Informatik zu ermöglichen“ (Losch und Humbert, 2019). Dabei werden in 18 Vorlesungen Themen wie die Geschichte der Informatik, eingebettete Echtzeitsysteme, technische Informatik oder Kryptografie behandelt. Es sind also weniger die Anforderungen digitaler Bildung als vielmehr die Fachwissenschaft Informatik Ausgangs- und Bezugspunkt des Angebots. Jüngst wurde die Veranstaltung allerdings einem Reformprozess unterworfen, in dem diese Lebensweltbezüge gestärkt und praktische Übungsphasen eingeführt werden sollen (Losch und Humbert, 2019).

Einen weiteren Ansatz beschreiben Yadav, Zhou et al. (2011). Sie integrierten ein einwöchiges Modul (2x50 Minuten Vorlesung) zu Computational Thinking (CT) in einen Psychologiekurs für Lehramtsstudierende. In diesem Modul wird insbesondere auf die zugehörigen Konzepte Abstraktion, logisches Denken, Algorithmen und Debugging eingegangen sowie deren Bedeutung im Unterricht verdeutlicht. Obgleich hier also wichtige Aspekte digitaler Bildung betrachtet werden, ist der Umfang des Angebots aufgrund des geringen zeitlichen Rahmens von einer Semesterwoche stark beschränkt.

Ein speziell für angehende Grundschullehrkräfte konzipiertes Angebot haben hingegen Döbeli Honegger und Hielscher (2017) entwickelt. Im Zentrum des Angebots stand die Vermittlung informatischer Inhalte für das Unterrichten in der Primarstufe. Neben fachlichen Inhalten wurden daher auch informatikdidaktische Themen aufgegriffen. Damit ist bei diesem Angebot eine andere Zielsetzung festzustellen, die sich von den im Rahmen dieses Kapitels zu entwickelnden Modulen unterscheidet: Während Döbeli Honegger und Hielscher (2017) sich mit ihrem Angebot ausschließlich an Grundschullehrkräfte richten, zielt das in diesem Kapitel entwickelte Studienangebot auf Lehrkräfte aller Schultypen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass nur ein geringer Teil der Lehrkräfte Informatik aktiv selbst unterrichten wird.

Zuletzt haben auch Dengel und Heuer (2018) ein Angebot für die allgemeine Lehrerbildung entwickelt. Ähnlich wie Yadav, Zhou et al. (2011) orientieren sie sich an Computational Thinking, betrachten es allerdings im Kontext einer „Information & Media Literacy“. Die Themen umfassen die Repräsentation von Informationen, den Softwareentwicklungsprozess, Algorithmen, Datenintegrität und -sicherheit, formale Sprachen sowie Sensoren und Akteure. Die Auswahl basiert auf einer Umfrage, in der Lehrkräfte jene Inhalte identifizieren sollten, die Grundschülerinnen und -schüler auf Informatik an weiterführenden Schulen vorbereiten (Dengel, 2017). Durch den starken Fokus auf Media Literacy werden wichtige Themen wie Simulationen oder Datenanalysen in diesem Angebot nicht berücksichtigt.

Bestehende Angebote wählen also entweder einen fachlich orientierten Zugang, sind vergleichsweise kurz oder haben vor allem die Befähigung zur Vermittlung informatischer Kompetenzen zum Ziel. Im Gegensatz dazu steht die Anwendbarkeit im jeweiligen Fach-

unterricht, die aufgrund der Veränderung aller Fächer notwendig ist (vgl. Kapitel 7), bisher weitestgehend nicht im Fokus existierender Angebote. Nach bisherigen Erfahrungen können entsprechende Bezüge mit einem fachlich orientierten Zugang „nur eingeschränkt hergestellt werden“ (Losch und Humbert, 2019). Es fehlt an entsprechenden wissenschaftlichen Erkenntnissen, wie die Vermittlung informatischer Grundlagen für Lehramtsstudierende aller Fächer und Schularten ausgestaltet werden kann, um zur Anwendbarkeit im Fachunterricht beizutragen.

8.3 Vorgehen

Im Folgenden sollen zentrale Erkenntnisse und Erfahrungen der forschungsgeleiteten Entwicklung, Erprobung und Evaluation des online-basierten Studienangebots *digi4all* dargestellt werden, das Lehramtsstudierenden aller Fächer und Schularten grundlegende informatische Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt vermittelt.

In einem ersten Schritt werden dafür Rahmenbedingungen und Herausforderungen für die Gestaltung eines solchen Studienangebots identifiziert (Kapitel 8.4). Die speziellen Anforderungen für das Studienangebot ergeben sich dabei vor allem aus dem Ziel, Lehrkräften aller Fächer und Schularten informatische Grundlagen für das Unterrichten in der digitalen Welt zu vermitteln.

Darauf aufbauend wird die Ausgestaltung des Studienangebots in Form organisatorischer Entscheidungen, theoretisch fundierter und im Rahmen der Begleitforschung ausgeschärfter Gestaltungsprinzipien, die die Rahmenbedingungen und Herausforderungen adressieren, sowie inhaltlicher Schwerpunktsetzung und Umsetzung der informatischen Anteile des Studienangebots dargestellt (Kapitel 8.5). Anhand einer qualitativen Auswertung der modulbegleitenden Evaluation wird dabei untersucht, wie bestimmte Gestaltungsentscheidungen wahrgenommen wurden.

Abschließend wird das gesamte Studienangebot sowohl modulspezifisch als auch in einem Pre-Post-Design quantitativ evaluiert (Kapitel 8.6). Dies ermöglicht es, Rückschlüsse über die Eignung der Gestaltungsprinzipien und organisatorischen Entscheidungen zu ziehen. Die für die Untersuchung verwendete Methodik wird im entsprechenden Kapitel beschrieben.

8.4 Rahmenbedingungen und Herausforderungen

Aus dem Ziel, Lehrkräften aller Fächer und Schularten die informatischen Grundlagen für ein Unterrichten in der digitalen Welt zu vermitteln, ergeben sich insbesondere die folgenden drei Rahmenbedingungen und Herausforderungen:

Motivation. Auch wenn informatische Bildung zunehmend als notwendiger Teil der Lehrerbildung für alle Fächer gesehen wird, ist davon auszugehen, dass aufgrund langfristig etablierter Stereotype, mangelndem Vorwissen (*Döbeli Honegger und Hielscher, 2017*) und unzureichenden Vorstellungen von Informatik und ihrer Rolle im digitalen Wandel nur wenige Studierende ein intrinsisches Interesse mitbringen. So wird Informatik als komplex wahrgenommen (*Losch und Humbert, 2019*) und auf die Arbeit mit dem Computer reduziert (*Yadav, Mayfield et al., 2014*). Viele sehen nicht die Notwendigkeit, ihre Rolle vom „Outsider“ zum „Insider“ zu verändern (*Knobelsdorf und Schulte, 2007*) und auch in vielen Fachdidaktiken wird der Diskurs zur digitalen Bildung vom Einsatz digitaler Medien im Unterricht dominiert (*Maurer, Rincke und Hemmer, 2020*). In Ermangelung einer expliziten curricularen Verankerung digitaler Inhalte oder Methoden in vielen Fächern hängt eine Integration in den Unterricht aktuell noch wesentlich vom Willen der Lehrkraft ab. Insbesondere bei der Interaktion mit digitalen Werkzeugen kommen zudem Ängste bzw. Zweifel bei den Nutzerinnen und Nutzern auf wie *Gerner (2019)* in Bezug auf Lehrende betont. Die wichtigste Herausforderung ergibt sich damit aus der Motivation: *Wie lassen sich Studierende dafür gewinnen, sich mit informatischen Themen auseinandersetzen zu wollen und wie können wir die Motivation kontinuierlich aufrecht erhalten sowie zu einem positiv geprägten Bild der Informatik beitragen?*

Strukturelle Rahmenbedingungen. Auch wenn seit der KMK-Strategie zur Bildung in der digitalen Welt inzwischen fünf Jahre vergangen sind, stellen die strukturellen Rahmenbedingungen aufgrund fehlender verbindlicher Verortung in den Studienplänen und Prüfungsordnungen und ein korrespondierender Mangel an qualifiziertem Personal und Ressourcen eine besondere Herausforderung dar: *Wie kann den zahlreichen Lehramtsstudierenden je Standort zeitnah, finanzierbar und skalierbar ein fundiertes informatisches Bildungsangebot gemacht werden, das den Ansprüchen guter informatischer Bildung, wie sie in der Informatikdidaktik in den letzten 30 Jahren herausgearbeitet wurde (bspw. kontextualisiert, modellierungsbezogen, ideenbasiert), gerecht wird?*

Fachliche Herausforderungen. Langjährige Erfahrungen der informatischen Bildung in allen Altersstufen zeigen, dass die Ausgestaltung informatischer Bildungsangebote besondere Ansprüche stellt. Informatik ist häufig abstrakt und somit schwer greifbar, (er)fordert Problemlösekompetenz, weist ein großes Spektrum an Themen auf und zur Umsetzung informatischer Modelle sind technische Fertigkeiten notwendig, die bspw. im Kontext des Programmierenlernens regelmäßig als demotivierend wahrgenommen werden (*Kinnunen*

und Simon, 2010). Darüber hinaus ist eine große Heterogenität der Studierenden zu erwarten, sowohl hinsichtlich ihrer informatischen Vorerfahrungen, als auch hinsichtlich der Schularten und studierten Fächer. *Wie kann vor dem Hintergrund der zu erwartenden Heterogenität der Studierenden informatische Kompetenz so aufgebaut werden, dass sie konkrete Anwendungsmöglichkeiten für den Fachunterricht bietet?*

8.5 Ausgestaltung des Studienangebots

Aufbauend auf dieser Analyse der Rahmenbedingungen und Herausforderungen gilt es im nächsten Schritt das Studienangebot konkret auszugestalten.

8.5.1 Organisatorische Entscheidungen

Organisatorisch wurde das Studienangebot als Blended-Learning-Seminar zur Vermittlung von „Kompetenzen zum Unterrichten in der digitalen Welt“ ausgestaltet und beworben und hierbei die o. g. Herausforderungen wie folgt adressiert: Durch die Einbettung in den größeren Kontext der digitalen Bildung, der Aussicht, die erworbenen Kompetenzen konkret für den Fachunterricht anwenden zu können und eine enge Zusammenarbeit und gemeinsame Umsetzung mit Kollegen aus der Mediendidaktik Deutsch und den Medienwissenschaften sollte der informatische Kern zunächst im Hintergrund bleiben. Die Lehrveranstaltung selbst besteht aus einer Modul- und einer Projektphase. Fünf der 12 Module der Lehrveranstaltung befassen sich dezidiert mit dem Erwerb informatischer Kompetenzen. Pro Modul steht eine Semesterwoche zur Verfügung. Damit muss aufgrund der knappen zeitlichen Ressourcen von fünf Semesterwochen eine entsprechende Auswahl an Inhalten getroffen werden, wobei – orientiert an den Ergebnissen aus Teil II – Themen aus dem breiten Themenspektrum der Informatik mit den Anforderungen im Kontext der digitalen Bildung verwoben wurden (vgl. Tabelle 8.1). Im Anschluss an die Module endet das Studienangebot mit einer kurzen Projektphase, in der die Studierenden in Kleingruppen eigene Ideen entwickeln und in der letzten Sitzung auf einer seminarinternen Tagung in einer Postersession präsentieren.

Eine umfangreiche und ansprechende Aufarbeitung der Module als Online-Lerneinheiten sollte zum einen der erwarteten Heterogenität der Studierenden Rechnung tragen, sodass sie weitestgehend selbstständig und nach eigenem Tempo arbeiten sowie im Rahmen der zur Verfügung gestellten Vertiefungsmöglichkeiten den persönlichen Interessen nachgehen können. Zum anderen sollten damit die wenigen dauerhaft zur Verfügung stehenden personellen und materiellen Ressourcen so eingesetzt werden, dass möglichst viele Studierende von diesem Angebot profitieren können.

0:	Digitale Bildung im Fachunterricht	6:	Digital recherchieren, speichern und bewerten
1:	Grundlagen der Digitalisierung	7:	Kommunikation, Interaktion und Kollaboration
2:	Medienkulturgeschichte, -theorie und -ethik	8:	Von Daten zu fachlichem Wissen
3:	Vernetzte Systeme sicher im fachlichen Lehre und Lernen nutzen	9:	Modellierungen und Simulationen in fachlichen Kontexten
4:	Kreativität in der Digitalisierung	10:	Soziale Netzwerke
5:	Fachspezifische Probleme mit Algorithmen lösen	11:	Ausblick: Digitale Möglichkeiten und Grenzen

Tabelle 8.1: Module des Seminars, Module mit Schwerpunkt Informatik in **fett**

8.5.2 Gestaltungsprinzipien

Die inhaltliche und methodische Ausgestaltung orientiert sich an zunächst theoretisch fundierten und später im Rahmen der Begleitforschung ausgeschärften Gestaltungsprinzipien, die neben der Begegnung der skizzierten Herausforderungen das Ziel haben, die Relevanz, Anwendbarkeit und kreativen Möglichkeiten der Informatik zu verdeutlichen.

Dazu wurden zunächst bestehende theoretische oder empirisch erprobte Ansätze, auch in adaptierter Form, herangezogen, um Begründungen für Designentscheidungen in Form von vorläufigen Gestaltungsprinzipien zu dokumentieren. Aufgrund des geplanten Formats waren dabei zunächst auch Erfahrungen bestehender E-Learning-Projekte zu berücksichtigen. Hier wurden in der Vergangenheit immer wieder Gestaltungsprinzipien entwickelt, die sich in solchen Angeboten bewährt haben, beispielsweise die zehn goldenen Regeln für die Gestaltung von E-Learning-Angeboten nach *Balzert, Balzert und Zwintzsch* (2004). Zu den Ansätzen aus der Informatikdidaktik, die sich an Hochschulstudierende anderer Fachrichtungen richten und bereits im E-Learning erprobt wurden, gehören die „Playful Pedagogy“ (*Petre und Richards, 2014*) und die Gestaltungsprinzipien des „Beauty and Joy of Computing“-Kurses (*Garcia, Harvey und Barnes, 2015*). Zuletzt gilt es zudem, Erfahrungen aus der Gestaltung von Bildungsangeboten für (angehende) Lehrkräfte miteinzubeziehen. Dabei bieten sich vor allem solche Empfehlungen an, die sich wie *Gerner (2019)* konkret auf digitale Kompetenzen bzw. die Vermittlung von Grundlagen für das Unterrichten in der digitalen Welt beziehen.

Basierend auf solchen Empfehlungen und den Rückmeldungen der Studierenden wurden für den Kurs Gestaltungsprinzipien abgeleitet und ausgeschärft. Diese werden im Folgenden erläutert. Aus der Durchführung resultierende Erkenntnisse, die sich aus modulspe-

zifischen Freitextanmerkungen und Kommentaren der Studierenden ergeben, werden in Kapitel 8.5.4 beschrieben.

GP 1: Scaffolding.

Durch *Scaffolding* wird der Lernprozess durch leitende Hilfestellungen unterstützt und werden die Freiheitsgrade bei der Ausführung einer Aufgabe zunächst eingeschränkt (*Lin et al., 2012*). Diese (optionale) zeitweilige Unterstützung soll beim Verständnis neuer Konzepte helfen, sodass Lernende später ähnliche Aufgaben eigenständig bearbeiten können (*Bruner, 1978*). Von besonderer Wichtigkeit ist Scaffolding im Kontext der Programmierung, denn gerade die Vermittlung von Programmierfähigkeiten gilt als große Herausforderung (*Robins, 2019*) und Studierende anderer Fachdisziplinen können sich oft nicht mit der Idee anfreunden, Programmieren zu lernen (*Hewner und Guzdial, 2008*). In ihrer *Playful Pedagogy* schlagen auch *Petre und Richards (2014)* dazu vor, im Sinne des Scaffoldings zum einen präzise, eng gefasste Anweisungen zu geben, damit Studierende Sicherheit bei der Programmierung aufbauen können. Zum anderen sollten Studierende auch ermutigt werden, sich von dem Ansatz zu lösen, während es durch vielfältige Unterstützungsmöglichkeiten jedoch auch möglich sein sollte, immer wieder auf ein bestehendes Gerüst zurückzugreifen. Im Rahmen des Seminars wurde dafür insbesondere der Use-Modify-Create-Ansatz (*Lee et al., 2011*) genutzt, auf Erklärvideos zurückgegriffen und praktische Aufgaben zunächst kleinschrittig angeleitet, womit den geringen Vorerfahrungen der Studierenden Rechnung getragen werden sollte.

GP 2: Kontextualisierung.

Die Studierenden wählen, wie in der Problemanalyse herausgearbeitet, den Kurs nicht notwendigerweise aus Interesse an Informatik, sondern betrachten ihn als Vorbereitung auf das Unterrichten in der digitalen Welt. Die Erfahrung aus ähnlichen Projekten (*Müller, Frommer und Humbert, 2013; Petre und Richards, 2014; Garcia, Harvey und Segars, 2012*) legt nahe, wie wichtig es ist, sich an den Phänomenen der digitalen Welt, die den Studierenden aus ihrem Alltag und ihrem Fach bekannt sind, zu orientieren und diese aufzugreifen und etwa im Hinblick auf die gesellschaftliche Bedeutung zu diskutieren, um damit die Bedeutung des Gelernten zu verdeutlichen. Für das Ziel, die Studierenden zu einer Anwendbarkeit im Fachunterricht zu befähigen, sollte das Gelernte außerdem in den Kontext der Fächer eingeordnet werden. Um eine *Kontextualisierung* in unterschiedlichen Fächern zu erreichen, werden im Studienangebot Anwendungsbeispiele oder Beziehungen zu den Fächern aufgezeigt, Transferaufgaben gestellt (*Fölling-Albers, Hartinger und Mörtl-Hafizovic, 2004*) und gesellschaftliche Implikationen berücksichtigt (*Guzdial, 2010*).

GP 3: Anwendung des didaktischen Doppeldeckers.

Lehrkräfte benötigen nicht nur die entsprechenden fachlichen Kompetenzen (etwa allgemeines digitalisierungsbezogenes Wissen über Algorithmen oder Simulationen sowie fachbezogenes digitalisierungsbezogenes Wissen über bestimmte Anwendungen oder Themen im eigenen Fach), sondern auch didaktisches Wissen (vgl. Kapitel 2). Allerdings schätzen sie ihre Kompetenzen in beiden Bereichen eher gering ein (vgl. Kapitel 4). Dementsprechend gilt es die Module so zu gestalten, dass Studierende sowohl fachliche informatische als auch didaktische Kompetenzen erwerben können. Die konsequente *Anwendung des didaktischen Doppeldeckers* soll die Praxisrelevanz des Gelernten unterstreichen und die Lernprozesse nachhaltiger gestalten, indem die Inhalte auch auf Handlungsebene erfahrbar werden (Wahl, 2013), die Aktivitäten aber auch direkt oder übertragen im eigenen Unterricht angewandt werden können.

GP 4: Niederschwellige Zugänge.

Der Lerntheorie des Konstruktivismus folgend wird Lernen als aktiver Prozess der Wissenskonstruktion verstanden (Siebert, 2005). Aktives Handeln bzw. die Möglichkeit, Dinge auszuprobieren und spielerisch Erfahrungen sammeln zu können, sind daher wichtige Lernchancen, deren Bedeutung in der Informatikdidaktik etwa bei Geldreich, Talbot und Hubwieser (2018) oder Petre und Richards (2014) und für Online-Lernumgebungen (Arnold, 2005) betont wird. Gleichzeitig müssen Zugänge möglichst niederschwellig gestaltet werden, um Studierende dafür zu gewinnen, sich mit informatischen Themen auseinanderzusetzen und diese Motivation kontinuierlich aufrecht zu erhalten und deren Vertrauen in die eigenen Kompetenzen (sog. Selbstwirksamkeitserwartungen) zu stärken, das direkten Einfluss auf die Motivation aber auch auf den Einsatz entsprechender Konzepte, die investierte Anstrengung und somit einen indirekten Einfluss auf den erzielten Erfolg hat (Bandura, 1997). Außerdem sind Lehrkräfte mit hoher Selbstwirksamkeitserwartung offener gegenüber neuen Ansätzen und Ideen für den Unterricht (Cousins und Walker, 2000). Für eine Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartungen gelten Erfolgserfahrungen als effektivstes Mittel (Bandura, 1994). Um also motivationale und fachliche Hürden für die Studierenden zu senken, wurden daher *niederschwellige Zugänge* durch aktives Handeln und spielerisches Ausprobieren als durchgängiges Gestaltungsprinzip ermöglicht. Hierzu wurden u. a. Animationen, Applets, Spiele oder die Programmierumgebung Snap! genutzt²⁰. Letztere ist nicht nur sehr zugänglich sondern erlaubt die einfache Erstellung, Untersuchung und Weiterentwicklung von Simulationen oder die Auswertung von Daten, womit zusätzlich die Anwendbarkeit im Fachunterricht direkt gegeben ist.

²⁰Mehr zur Werkzeugwahl findet sich in Anhang C.1.

GP 5: Förderung von Kommunikation und Kooperation.

Gerade im Kontext des E-Learning wird an mehreren Stellen (*Arnold et al., 2004; Blumstengel, 1998; Mandl, Gruber und Renkl, 1997; Reinmann-Rothmeier und Mandl, 1994; Arnold, 2005*) die Notwendigkeit betont, Lernenden Angebote zur Kollaboration und Kommunikation untereinander zur Verfügung zu stellen. Durch die Kommunikation erfahren Studierende unterschiedliche Perspektiven auf ein Themenfeld (*Arnold, 2005*) und können darauf aufbauend Ideen für den eigenen Unterricht entwickeln. Die durchgängige *Förderung von Kommunikation und Kooperation* war vor dem Hintergrund der Umsetzung als Blended-Learning-Seminar ein weiteres zentrales Gestaltungsprinzip, sowohl für die Motivation als auch den fachlichen Austausch. Hierzu wurden u. a. Diskussionsforen, digitale Pinnwände oder dezidiert kollaborativ zu lösende Aufgaben eingesetzt.

8.5.3 Konzeption der informatischen Module

Im Folgenden erfolgt nun eine inhaltliche Beschreibung der fünf Module mit informatischem Schwerpunkt, wobei exemplarisch auf die in Abschnitt 8.5.2 formulierten Gestaltungsprinzipien Bezug genommen wird.

Für die Auswahl der Inhalte der Module kann dabei auf die Ergebnisse von Teil II zurückgegriffen werden, wobei für die Berücksichtigung der großen Heterogenität der Vorkenntnisse sowohl die sieben Basisthemen als auch für die fachlichen Vertiefungen Teile der Aufbauthemen bedacht werden sollten. Ausgewählt wurden neben den sieben Basisthemen im Hinblick auf die zur Verfügung stehende Zeit die Themen Sicherheit, Simulationen und Modellierung. Wie die ausgewählten Themen den fünf Modulen mit informatischem Schwerpunkt zugeordnet wurden, ist Tabelle 8.1 zu entnehmen.

Grundlagen der Digitalisierung

In diesem Modul lernen die Studierenden

- Unterschiede zwischen digitalen und analogen Daten zu nennen und zu erläutern,
- Zahlen mithilfe des Binärsystems darzustellen
- und erste Programme mit der Programmiersprache Snap! umzusetzen.

Da der gesamte Kurs dem Thema „Lehren und Unterrichten in der digitalen Welt“ gewidmet ist, beginnt das Modul mit dem Unterschied zwischen digitalen und analogen Darstellungen, wobei zunächst das Begriffsverständnis der Studierenden in Frage gestellt wird (siehe Abbildung 8.2).

8 digi4all – Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt

Titel des Moduls	Themenbereiche
Grundlagen der Digitalisierung	Repräsentation von Daten, Einführung in die Programmierung
Vernetzte Systeme sicher im fachlichen Lehren und Lernen nutzen	Computersysteme, Netzwerke, Sicherheit
Fachspezifische Probleme mit Algorithmen lösen	Algorithmen, Entscheidungen durch Algorithmen, Programmierung
Von Daten zu fachlichem Wissen	Umgang mit Daten, Herausforderungen durch Big Data
Modellierungen und Simulationen in fachlichen Kontexten	Modellierung, Simulationen

Abbildung 8.1: Informatische Themenbereiche nach Modulen

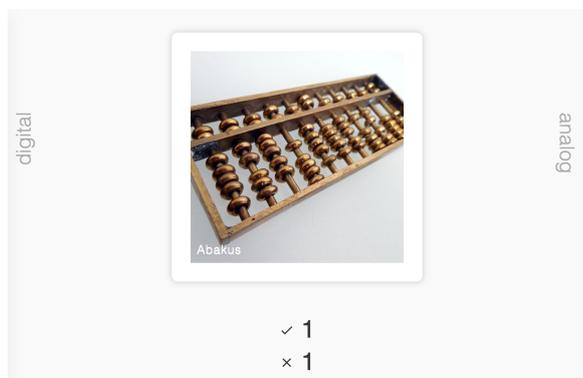


Abbildung 8.2: Digital-Analog-Tinder als Einführung in das Thema analoge und digitale Darstellungen

Anschließend werden Binärzahlen als Grundlage der digitalen Datenspeicherung eines Computers eingeführt und es wird ergründet, wie Informationen mithilfe dieses Zahlensystems kodiert werden können. Zum Einstieg in die Programmierung erstellen die Studierenden schließlich in Anlehnung an die Programmiersprache Logo (vgl. *Pea (1987)*) Turtle-Art (*Bontá, Papert und Silverman, 2010*)²¹. Dabei wird auf starkes Scaffolding geachtet und die Programmierblöcke zunächst ähnlich wie Schaltflächen nur als Befehle genutzt und erst nach und nach zu Programmen kombiniert (GP1). Die letzte Aufgabe besteht darin, ein bestehendes Projekt zu adaptieren und ein eigenes (kreatives) Projekt daraus zu machen (Remixing). In einer Studie zeigen *Dasgupta et al. (2016)*, dass die Bereitschaft zu Remixing mit einem größeren Repertoire an Programmierbefehlen einhergeht und die Exposition von Konzepten durch Remixing mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit verbun-

²¹Das Erstellen von Kunstwerken durch Programmierung wird oft zur Einführung in die Programmierung verwendet, beispielsweise für Informatikstudierende an Hochschulen (*Greenberg, Kumar und Xu, 2012*).

den ist, diese Konzepte selbst zu verwenden. Durch das Modifizieren bestehender Projekte sollen Studierende im Sinne des Use-Modify-Create dazu ermutigt werden aus fremden Kreationen eigene zu machen (GP1). Zudem werden die Studierenden dazu angeregt, ihre Werke mit anderen zu teilen (GP5). Um einen niederschweligen Zugang (GP4) zu ermöglichen und Ansatzpunkte für den eigenen Unterricht zu geben (GP3), orientieren sich die Aufgaben am anfänglichen Programmierunterricht der Sekundarstufe 1.

Vernetzte Systeme sicher im fachlichen Lehren und Lernen nutzen

Dieses Modul beschäftigt sich mit dem Aufbau und der Funktionsweise von Computern und Computernetzwerken und ist nach den Abstraktionsschichten in modernen Computersystemen gegliedert, beginnend bei dem persönlichen Gerät der Studierenden hin zu Netzwerken von Rechnern. Nach Abschluss dieses Moduls können die Studierenden

- die technische Entwicklung von Computersystemen mit Moore's Law einschätzen,
- Aufbau und Funktionsweise von Computern beschreiben,
- die Funktionsweise des Internets beschreiben
- und grundlegende Konzepte der Verschlüsselung erläutern.

Zu Beginn wird Moore's Law betrachtet und auf die digitale Welt übertragen. Danach werden Grundlagen der Computerarchitektur, etwa das Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Prinzip oder Leistungsdaten der verschiedenen Komponenten eines Computers und des Internets betrachtet. Dabei untersuchen die Studierenden u. a. den Pakettransport über das Internet mithilfe eines graphischen traceroute-Werkzeugs²² (GP4). Teil dieses Moduls ist auch ein Kapitel über die Sicherheit im Internet, in der auf mögliche Bedrohungen und symmetrische bzw. asymmetrische Kryptografie sowie deren grundlegende Funktionsweise und Bedeutung für die Gesellschaft eingegangen wird. Dazu werden u. a. verschiedene Applets aus dem CS-Field-Guide (*Bell, Morgan und Duncan, 2013*) verwendet, in denen beispielsweise César-Chiffre, Häufigkeitsanalyse oder RSA-Verschlüsselung ausprobiert werden können (GP4). Das Modul schließt mit einer Betrachtung, wie sich die eigenen Geräte schützen lassen. Die Beispiele und Aktivitäten sind so gewählt, dass sie sich auch für den Unterrichtseinsatz eignen. So sollen im Sinne des didaktischen Doppeldeckers (*Wahl, 2013*) sowohl die eigenen fachlichen als auch didaktische Kompetenzen gefördert werden (GP3).

²²Traceroute ist ein Programm, das die Stationen ermittelt, über die Datenpakete in einem Netzwerk bis zum abgefragten Rechner gelangen.

Fachspezifische Probleme mit Algorithmen lösen

Algorithmen bilden nicht nur die Basis für viele unterschiedliche digitale Methoden wie Simulationen, sondern sind auch für ein Verständnis verschiedener digitaler Inhalte in anderen Schulfächern relevant (vgl. Kapitel 5). Das Modul über Algorithmen konzentriert sich auf algorithmische Abläufe in den verschiedenen Disziplinen der Studierenden bzw. die Auswirkungen von Algorithmen auf Themen der Fächer. Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden

- entscheiden, was ein Algorithmus ist (und was nicht),
- Fallunterscheidungen in eigenen Programmen verwenden und eigene Blöcke in Snap! entwerfen
- und über gesellschaftliche Implikationen von Algorithmen diskutieren.

Die Teilnehmenden lernen zunächst mehr über Algorithmen (beispielhaft in Abb. 8.3) und deren Eigenschaften, sie ordnen ein, ob bestimmte Probleme mit einem Algorithmus lösbar sind und verknüpfen das erworbene Wissen über Algorithmen mit deren Umsetzung in Snap!. Anschließend lernen die Studierenden mit der bedingten Anweisung eine neue Kontrollstruktur kennen, um algorithmische Abläufe zu beschreiben, erstellen eigene Blöcke und wenden das Gelernte in einem kleinen Projekt an, wobei erneut auf starkes Scaffolding geachtet wird (GP1). Schließlich wird eine gesellschaftlich-kulturelle Perspektive auf Algorithmen eingenommen und gesellschaftliche Auswirkungen von Algorithmen an verschiedenen Beispielen skizziert und diskutiert (GP2). Zudem gibt es eine optionale Vertiefung über Möglichkeiten, Algorithmen in der Grundschule zu behandeln (GP3).

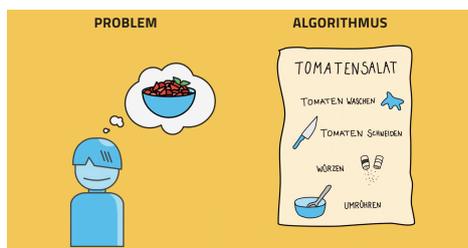


Abbildung 8.3: Ausschnitt aus dem Video zu Algorithmen (CC-BY-ND digi4all)

Von Daten zu fachlichem Wissen

Der Umgang mit Daten ist eine Kompetenz, die nicht nur in den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen, sondern auch in immer mehr Fächern eine Rolle spielt. Darüber

hinaus ist die Auswertung von Daten auch für verschiedene inhaltliche Themen der Schulfächer wie beispielsweise digitale Geschäftsmodelle relevant (vgl. Kapitel 5). Dieses Modul konzentriert sich daher auf die Analyse, Visualisierung und Interpretation von Daten sowie gesellschaftliche Implikationen von „Big Data“. In diesem Modul lernen die Studierenden

- Daten, Informationen und Wissen zu unterscheiden,
- beispielhaft Daten auszuwerten, zu visualisieren und zu interpretieren,
- den Begriff „Big Data“ und gesellschaftliche Risiken durch Metadaten oder Verzerrungen (Bias) zu erläutern
- und die Bedeutung von Daten bzw. Datenanalysen für ihre Fächer einzuschätzen.

Dazu analysieren die Studierenden selbst Daten, vergleichen verschiedene Datenvisualisierungen und unterscheiden die Begriffe Daten, Information bzw. Wissen. Anschließend werden die verschiedenen Schritte einer Datenauswertung anhand eines Beispiels ergründet. Außerdem wird erneut eine gesellschaftliche Perspektive eingenommen und der Begriff Big Data betrachtet. Darauf aufbauend werden damit assoziierte gesellschaftliche Implikationen, etwa im Zusammenhang mit Metadaten oder auf Daten basierenden Entscheidungen sowie Probleme mit Verzerrungen in diesen Daten thematisiert (vgl. Abb. 8.4). Zuletzt werden Beispiele für Daten und deren Analyse im Fachunterricht vorgestellt (GP2), ehe die Studierenden für sich die Bedeutung für ihr Fach bzw. den Unterricht in ihrem Fach einordnen, weitere Beispiele herausarbeiten und diese untereinander teilen (GP4)

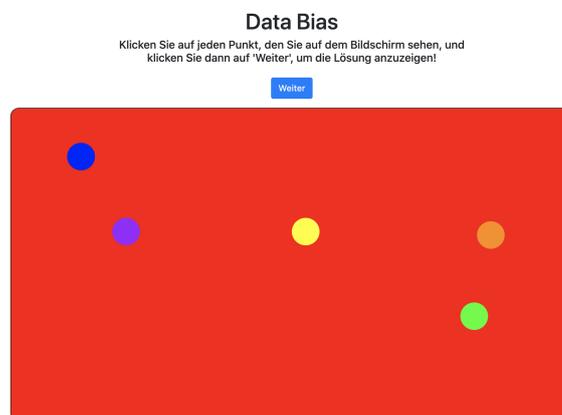


Abbildung 8.4: Interaktives Werkzeug zur Verdeutlichung von Verzerrungen (Bias) in Daten aus dem CS Field Guide (Bell, Morgan und Duncan, 2013)

Modellierungen und Simulationen in fachlichen Kontexten

In diesem Modul liegt der Fokus auf der Modellierung von Systemen und der Umsetzung der Modelle in Simulationen. Konkret lernen die Studierenden dabei

- Merkmale eines Modells zu beschreiben und zu begründen, wann Modelle und Simulationen hilfreich sind,
- wie sie Concept Maps als einfaches Mittel zur Modellierung von Wissen im Unterricht verwenden können,
- Makro- und Mikrosimulationen zu unterscheiden und Sachverhalte für eine Mikrosimulation zu modellieren und mit digitalen Werkzeugen zu simulieren
- und wie und wofür Simulationen im Unterricht verwendet werden können.

Die Bedeutung von Simulationen wird motiviert mit einer Verkehrssimulation, die die Studierenden verwenden, um vorgegebene Fragestellungen experimentell zu beantworten. Dieser spielerische Zugang zum Thema Simulationen (GP4) erlaubt es den Studierenden Vorteile und didaktische Möglichkeiten einer Simulation aktiv zu erfahren (GP3). Anschließend wird der Modell- bzw. Simulationsbegriff erstmals ein- und Gründe für die Verwendung von Simulationen angeführt, ehe die Studierenden Merkmale von Modellen (vgl. *Saam (2009)*) herausarbeiten und mit den Concept Maps eine Möglichkeit zur Modellierung von Wissen für den Unterricht kennenlernen. Danach werden theoretische Hintergründe von Simulationen vertieft und in mehreren Übungen auch selbst umgesetzt (vgl. Abb. 8.5). Dabei folgt das Modul insbesondere der Progression des Use-Modify-Create-Modells um den Lernprozess zu strukturieren (GP1). Um Bezüge für die unterschiedlichen Fächer herzustellen (GP2), werden auch in diesem Modul wieder Anknüpfungsmöglichkeiten für den Unterricht vorgeschlagen und anschließend fachspezifisch kollaborativ vertieft (GP5).



Abbildung 8.5: Räuber-Beute-Simulation mit Schneeschuhhasen und Luchsen

8.5.4 Erkenntnisse zu den Gestaltungsprinzipien aus den Durchführungen

Erkenntnisse zu den Gestaltungsprinzipien ergeben sich insbesondere aus den Freitextanmerkungen, die in den modulspezifischen Evaluationen am Ende jedes Moduls möglich waren (anonym). Außerdem konnte jede Inhaltsseite der Online-Lerneinheiten mit einem bis fünf Sternen bewertet (anonym) bzw. kommentiert werden (nicht anonym).

Diese wurden im Rahmen der Begleitforschung regelmäßig qualitativ ausgewertet, entsprechende Anpassungen an der Gestaltung vorgenommen und die Gestaltungsprinzipien somit ausgeschärft. Im Folgenden werden nun ausgewählte Erkenntnisse vorgestellt.

GP1: Scaffolding.

Ein wesentliches Gestaltungsprinzip war ein starkes Scaffolding insbesondere im Rahmen von Programmieraufgaben. Zunächst ist hierzu festzustellen, dass sich die Übungen zur Programmierung als besondere Herausforderung erwiesen. In der Pilotierung sprechen Studierende außerdem von einem hohen Zeitaufwand für die Programmierung.

Das Programmieren in Snap, vor allem die programmierte Kunst, stellte eine größere Herausforderung dar. [DaMe9]

Die Simulationen in Snap waren diesmal sehr anspruchsvoll, aber man kann viel lernen und entdecken. [ReKl2]

Wie die qualitative Auswertung weiterhin zeigt, berichten Studierende, dass sie kleinschrittige Aufgaben sowie gestufte Hilfestellungen als unterstützend bei der Bearbeitung von Programmieraufgaben wahrgenommen haben. Auch die Maßnahme, optionale Videos zu allen Programmieraufgaben zur Verfügung zu stellen, unterstützte – wie aus den Rückmeldungen hervorgeht – Studierende bei der Bearbeitung der Aufgaben. Dementsprechend wurden solche Hilfestellungen für Programmieraufgaben konsequent ausgebaut.

Ich fand die Einführung von Snap sehr gut verständlich. Durch die Videos und die schriftliche Ausführung jedes einzelnen Schrittes war man sehr gut in der Lage die Aufgaben zu erfüllen. [SaSa2]

Die gestuften Hilfen für das Snap-Projekt fand ich super! [AnAp4]

GP2: Kontextualisierung.

Die exemplarischen Beispiele wurden in Reflexionsaufgaben von den Studierenden auf die eigenen Unterrichtsfächer übertragen, um so die Anwendbarkeit im Fachunterricht sicherzustellen. In den Rückmeldungen der Studierenden zeigt sich, dass für sie durch die Kontextualisierung immer wieder erfolgreich die Bedeutung für das eigene Fach und den Unterricht erkennbar wurde.

Gute Übersichtlichkeit, Verdeutlichung der Lernziele und Bedeutung für die Schule -> dabei zählt vor allem nicht nur eine mögliche Antwort (!) Die Auseinandersetzungen mit vielen verschiedenen Vorschlägen und Möglichkeiten, auch fächerübergreifend ist wirklich bereichernd! [KaPa4]

Ein wirklich toller Zugang zum Thema Simulationen und ein Haufen toller Anregungen für den eigenen Unterricht. Egal, welches Thema, die hier inspirierten Vorgehensweisen, stellen eine Bereicherung für den Unterricht dar, sofern sie verwendet werden. [BiBu8]

Weiterhin zeigen die Evaluationen, dass insbesondere die Relevanz der Programmierung verdeutlicht werden muss. Hier wurden im Laufe der Erprobungen daher die Kontexte angepasst und anschauliche Beispiele eingesetzt.

Die Relevanz von Snap! in Bezug auf späteren Unterricht ist mir immer noch nicht bewusst. Zu viele Anwendungsbeispiele in diesem einen Programm. [AnOr3]

Manche Studierende fühlen sich vom Thema Programmierung dennoch nicht angesprochen:

Leider habe ich ein völliges Desinteresse am Programmieren und finde die Thematik einfach unspannend. Das konnte auch das gut konzipierte Modul nicht ändern. [DaSt5]

Um eine Kontextualisierung für alle Studierenden zu bieten, orientieren sich viele grundlegende Informatikkurse für Studierende anderer Fachrichtungen an täglichen Erfahrungen im Umgang mit Technologie. Die Erkenntnisse verdeutlichen jedoch, wie wichtig es ist, nicht nur informatische Grundlagen zu vermitteln und mit Alltagsphänomenen in Beziehung zu setzen, sondern diese jeweils für die Unterrichtsfächer der Studierenden zu kontextualisieren.

GP3: Anwendung des didaktischen Doppeldeckers.

Der Spagat aus Vermittlung von fachlichen und didaktischen Kompetenzen gelang durch den Einsatz des didaktischen Doppeldeckers (Wahl, 2013). Studierende konnten so nicht nur zunächst selbst die fachlichen Kompetenzen sondern auch Wissen für zukünftigen Unterricht erwerben und über die didaktische Anwendung in Unterrichtssituationen reflektieren. Aus den Evaluationen geht hervor, dass die Studierenden jenen Bezug kontinuierlich als besonders praktisch für den eigenen Unterricht hervorhoben, wie beispielhaft die folgenden Zitate zeigen:

Die vermittelten Inhalte waren für den eigenen Bedarf, aber auch für zukünftige Tätigkeiten sehr bedeutend. Um SuS die Arbeit mit dem Internet und generell digitalen Medien zu vermitteln, brauche ich selbst das Grundwissen. [CaLy1]

Wieder super Ideen fuer die Schule dabei gewesen! [AnAm6]

GP4: Niederschwellige Zugänge.

Um Hürden motivationaler und fachlicher Natur für die Studierenden zu senken, wurden niederschwellige Zugänge mit aktivem Handeln und spielerischem Ausprobieren als durchgängiges Gestaltungsprinzip angewandt. Gerade solche Elemente wurden von den Studierenden in den Freitextkommentaren häufig positiv hervorgehoben und als motivationsförderlich beschrieben, obwohl die Themen zunächst als „eher trocken“ angenommen wurden:

Die Inhalte waren sehr gut aufgearbeitet und ich habe oft vergessen, dass ich eigentlich etwas für die Uni mache, da die Quizfragen und Videos mich wirklich interessiert haben und den Kurs spielerisch gestaltet haben. [SiMa7]

Zunächst dachte ich, dass dieses Modul ziemlich trocken werden könnte, wurde aber vom Gegenteil überrascht. Auch wenn teilweise eine sehr vereinfachte Darstellung, fast »kindliche«, genutzt wird, finde ich persönlich das eher gut. [KeMa5]

Nicht zuletzt half auch die Verwendung der Programmiersprache Snap!, gerade im Vergleich zu textbasierten Sprachen, Hürden für Studierende mit geringen Vorerfahrungen zu senken, auch wenn Programmierung (vgl. GP1) immer noch eine große Herausforderung darstellt.

Besonders das Programmieren mit Snap! fand ich höchst interessant. Für mich, als eher unerfahrene Person an Computern bzw. dem Programmieren, war das sehr spannend und hat Spaß gemacht. [ChFr2]

GP5: Förderung von Kommunikation und Kooperation.

Die durchgängige *Förderung von Kommunikation und Kooperation* stellte sich vor dem Hintergrund der Umsetzung als Blended-Learning-Seminar als eines der wichtigsten Gestaltungsprinzipien heraus, sowohl für die Motivation als auch den fachlichen Austausch. Durch Diskussionsforen, digitale Pinnwände oder dezidiert kollaborativ zu lösende Aufgaben konnte einerseits ein Austausch zwischen den Fächern angeregt und damit die interdisziplinäre Bedeutung der Digitalisierung für die Veränderung von Fächern und Schule verdeutlicht werden und andererseits die große Heterogenität hinsichtlich der Fächer und Interessen adressiert werden. Auch die abschließende Projektphase trug zu einem solchen interdisziplinären Austausch bei. Die Aufgaben zum gegenseitigen (Ideen-)Austausch wurden dabei von den Studierenden als besonders bereichernd empfunden, wie die Rückmeldungen betonen.

Das gemeinsame Wissen zu teilen, ist häufig sehr ergiebig. [Kommentar]

Wäre cool, wenn die Ideensammlung der Datenerhebungen im Unterricht nach Absolvieren des Moduls für alle bereitgestellt werden. Gäbe es da eine Möglichkeit? Wäre mega [EU11]

8.6 Gesamtevaluation und Einordnung

Abschließend sollen der Erfolg des Studienangebots überprüft und damit Rückschlüsse über die Eignung der Gestaltungsprinzipien und organisatorischen Entscheidungen gezogen werden. Im Folgenden wird zunächst die Methodik der Gesamtevaluation des Studienangebots beschrieben, ehe die Ergebnisse dargestellt werden.

Um beurteilen zu können, inwieweit die Intervention ihren Zweck erfüllt und Anhaltspunkte für die Eignung der getroffenen Entscheidungen zu identifizieren, wurden in der Gesamtevaluation zwei Teilfragen untersucht:

- (RQ5.1) Welche Zielgruppe konnte angesprochen werden und welche Vorstellungen zu Digitalisierung bringt diese mit?
Die Zielgruppen und deren Vorstellungen haben wesentlichen Einfluss auf organisatorische Entscheidungen, die Gestaltung des Studienangebots und die fachliche Tiefe. Dementsprechend hilft eine Untersuchung dieser Aspekte zu beurteilen, inwieweit die vorab angenommenen Rahmenbedingungen und Herausforderungen zutreffen.
- (RQ5.2) Inwiefern beeinflusst ein solches Studienangebot die Wahrnehmung der eigenen Kompetenzen und das Interesse an Informatik?

-
1. Ich kann erklären wie Computer Daten in 0 und 1 speichern.
 2. Ich kann Auswirkungen von Algorithmen auf mein Fach einschätzen.
 3. Ich kann die Bedeutung von Daten und Datenanalysen für meine Fächer einschätzen.
 4. Ich kann Simulationen im Unterricht einsetzen.
 5. Ich kann Simulationen für den Unterrichtseinsatz selbst erstellen.
 6. Ich kann Daten aus meinem Fach analysieren und ihre Bedeutung im Unterricht diskutieren.
 7. Ich kann die Funktion der wichtigsten Komponenten eines Computers beschreiben.
 8. Ich kann einfache Programme für den Unterrichtseinsatz erstellen.
 9. Ich kann zwischen digitalen und analogen Darstellungen unterscheiden.
-

Tabelle 8.2: Items zu Einschätzungen zum eigenen informatischen Wissen allgemein und in Unterrichtssituationen, nachempfunden nach *Döbeli Honegger und Hielscher (2017)* .

-
1. Die Herausforderung Probleme mithilfe des Computers zu lösen spricht mich an.
 2. Ich denke Informatik ist langweilig.
 3. Ich denke Informatik ist interessant.
-

Tabelle 8.3: Items zu Einstellungen zur Informatik nach *Yadav, Mayfield et al. (2014)*

Voraussetzung dafür, dass angehende Lehrkräfte das Erworbene zukünftig im eigenen Unterricht anwenden und so auch Methoden oder Themen, die im Kontext der Digitalisierung für fachliche Bildung zunehmend relevanter werden, integrieren, ist das Vertrauen in die eigenen Kompetenzen sowie ein Interesse an der Informatik. Eine Analyse dieser Aspekte hilft also Rückschlüsse darauf zu ziehen, ob das Studienangebot die Ziele erfüllt.

8.6.1 Methodik

Eine Evaluation erfolgte am Ende jedes Teilmoduls mithilfe des Inventars zur Evaluation von Blended Learning (*Peter et al., 2014*). Der Fragebogen nutzt Items der Skalen allgemeiner Nutzen, didaktische Qualität und Angemessenheit des Instruments (siehe Tabelle 8.4) mit siebenstufigen Likert-Skalen.

Zudem wurden in den Fragebögen des ersten und letzten Moduls weitere Fragen erhoben. Hierzu gehören Einschätzungen zum eigenen informatischen Wissen allgemein und in Unterrichtssituationen (nachempfunden nach *Döbeli Honegger und Hielscher (2017)*, siehe Tabelle 8.2) sowie Einstellungen zur Disziplin Informatik (nach *Yadav, Mayfield et al. (2014)*,

siehe Tabelle 8.3). Eine solche Kombination von modulspezifischen Kurz- und kursspezifischen Langfragebögen findet sich etwa auch bei *Gretsch, Hense und Mandl (2010)*.

In der Untersuchung kamen also bereits in anderen Studien bewährte oder Adaptionen solcher Messinstrumente zum Einsatz. Dabei mussten die Itemzahlen der originalen Instrumente allerdings reduziert werden, um den Umfang des gesamten Fragebogens für die Studierenden im vertretbaren Rahmen zu halten. Der Teil des Fragebogens, der nur im ersten und letzten Modul erhoben wurde, findet sich in Anhang E, der modulspezifische Teil in Anhang F. Über einen anonymen Code können die Antworten auf die Fragen auch modulübergreifend verknüpft werden.

Für RQ5.1 wurde auf den kursspezifischen Langfragebogen aus dem ersten Modul sowie auf zwei Aufgaben aus dem ersten Modul zurückgegriffen, in denen Studierende ihr Verständnis von Digitalisierung skizzieren und sich bezüglich der Leitmedienwechselreaktionsskala (*Döbeli Honegger, 2016*) positionieren sollten. Zur Beantwortung von RQ5.2 wird das gesamte Studienangebot in einem Pre-Post-Design anhand der kursspezifischen Langfragebögen des ersten und letzten Moduls evaluiert. Außerdem werden die Evaluationen der einzelnen Module herangezogen, um die empfundene didaktische Qualität, Angemessenheit und den allgemeinen Nutzen einschätzen zu können. Dies ermöglicht es, Rückschlüsse über den Effekt des Studienangebots und damit über die Eignung der Gestaltungsprinzipien und organisatorischen Entscheidungen zu ziehen.

8.6.2 Ergebnisse

(RQ5.1) Welche Zielgruppe konnte angesprochen werden und welche Vorstellungen zu Digitalisierung bringt diese mit?

Seit der Pilotierung der ersten Module im Wintersemester 2018/19 wird das Seminar jedes Semester und an inzwischen drei Universitäten (FAU Erlangen-Nürnberg, Universität Bayreuth und FU Berlin) angeboten. Durch die organisatorische Ausgestaltung, bei der die Informatik in der Außerdarstellung zunächst im Hintergrund gehalten und mit der Anwendbarkeit im Fachunterricht geworben wurde, sollten mithilfe des skalierbaren Blended-Learning-Formats möglichst viele Studierende gewonnen und erreicht werden. In den 7 Durchführungen an drei beteiligten Universitäten belegten 709 Studierende das Seminar, das dabei lediglich im Wahlbereich verortet war. Damit zeigt sich, dass die organisatorischen Entscheidungen geeignet waren, um dieses Ziel zu erreichen.

In der Gesamtschau der bisherigen Studierenden fällt zudem ein für Informatikveranstaltungen mit 75% außergewöhnlich hoher Anteil an weiblichen Studierenden auf, der darauf zurückzuführen ist, dass auch ein großer Anteil aus dem Grundschullehramtsstudi-

um (56% der Studierenden) gewonnen werden konnte. Daneben studierten 32% Lehramt für Gymnasien bzw. ISS²³, für Realschulen (5%), Mittelschulen (4%), berufliche Schulen (1%) und Sonderpädagogik (1%)²⁴. Ein Blick auf die gewählten Hauptfächer zeigt, dass Studierende einer Vielzahl unterschiedlicher Fächer angesprochen werden konnten. So finden sich ohne auffällige Häufungen u. a. Nennungen der Fächer Biologie, Chemie, Deutsch, Englisch, evangelische Religionslehre, Französisch, Geschichte, Geographie, Informatik, Kunst, Musik, Mathematik, Sport, Physik und Wirtschaft.

Die Studierenden zeigen ein durch Medien geprägtes Bild und beschreiben Digitalisierung vor allem als Prozess weg von als „analog“ wahrgenommenen Tätigkeiten hin zu ihrem digitalen Äquivalent:

Es scheint so, als würde Digitalisierung bedeuten, etwas Vorhandenes durch eine digitale Form zu ersetzen. [JaGa8]

Unter Digitalisierung verstehe ich persönlich die „Computerisierung“ des Alltags. [SuRö1]

Auch die Allgegenwärtigkeit der Digitalisierung wird in den Definitionen immer wieder deutlich, wobei die Beschreibungen der Studierenden oft auf den Medienbegriff Bezug nehmen:

Die Umwandlung von analogen Medien in digitale Medien, welche alle Lebensbereiche umfasst. [ViBr1]

Unter Digitalisierung verstehe ich eine andauernde Entwicklung und Weiterentwicklung bereits vorhandener digitaler Dinge oder Wissen darüber in allen Bereichen. Das kann Berufsfelder, die Forschung, aber auch das alltägliche Leben betreffen. [CaNe8]

Schließlich werden in den Definitionen weniger die daran anschließenden Herausforderungen als vielmehr sich daraus ergebende Möglichkeiten bzw. Chancen angesprochen:

Durch die Digitalisierung werden Dinge im Alltag erleichtert und eine weltweite Vernetzung der Menschen wird ermöglicht. [ClMa7]

Unter Digitalisierung verstehe ich alles, was mit digitalen Medien und deren Auswirkungen zu tun hat. Im Vordergrund stehen für mich die Potentiale der digitalen Medien und die zunehmende Nutzung dieser. [EwSc4]

²³ISS steht für die integrierten Sekundarschulen in Berlin. In Berlin werden drei Lehramtsstudiengänge unterschieden: Grundschulen, Gymnasien / integrierte Sekundarschulen, berufliche Schulen.

²⁴Aufgrund von Rundungen ergibt sich in Summe weniger als 100%.

Mit digitalen Medien arbeiten sollte in alle Fächer integriert werden, da es auch im Arbeitsleben integriert ist. [EIs6]

Ich finde es gut, wenn man in der Schule „neue“, evtl. auch „moderne“ Fächer einführt, die solche - und auch andere wichtige - Themen behandeln. Jedoch muss gerade die Digitalisierung auch in andere Fächer integriert werden. Warum soll man bspw. mit einer Mathe- oder Lesesoftware schlechter lernen als mit einem Arbeitsheft? [DoMü2]

Zuletzt zeigt ein Blick auf die Fragen zum Interesse an Informatik, dass zu Beginn des Seminars 17% Informatik als eher langweilig einstufen. Gleichzeitig stimmten 20% der Aussage „Die Herausforderung, Probleme mithilfe des Computers zu lösen, spricht mich an.“ eher nicht zu. Zumindest bei einem Teil der Studierenden ist damit von Vorbehalten gegenüber Informatik auszugehen.

Insgesamt haben sich damit die vorab identifizierten Rahmenbedingungen und Herausforderungen bestätigt: Es existiert eine hohe Heterogenität der Studierenden hinsichtlich der Schularten und studierten Fächer. Weiterhin wird Digitalisierung und Bildung in der digitalen Welt vor allem mit Medien und deren Nutzung verbunden und zumindest ein Teil der Studierenden findet Informatik eher langweilig und fühlt sich nicht davon angesprochen Probleme mithilfe von Computern zu lösen. Dennoch konnte, trotz der Freiwilligkeit des Angebots, eine große Zahl von Studierenden gewonnen werden, was die strukturelle Rahmenbedingung eines finanzier- und skalierbaren Angebots bekräftigt und die organisatorische Entscheidung unterstützt, das Seminar im Kontext des Unterrichtens in der digitalen Welt einzubetten.

(RQ5.2) Inwiefern beeinflusst ein solches Studienangebot die Wahrnehmung der eigenen Kompetenzen und das Interesse an Informatik?

Betrachtet man das Interesse an Informatik, stimmten vor Beginn des Seminars bereits 62% der 424 Teilnehmenden der Evaluation der Aussage „Informatik ist interessant“ zu; 17% der Befragten sahen Informatik zunächst als eher langweilig an. Im Vorher-Nachher-Vergleich des Interesses ergibt sich mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test²⁵ ein signifikanter Anstieg mit mittlerer Effektstärke nach (Cohen, 1992)²⁶ auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ mit einem Median von 5 im Pre- und einem Median von 6 im Posttest ($n = 231$, $p < 0,001$, $r = 0,36$): 79% sehen Informatik im Posttest nun als mindestens eher interessant an, nur noch 8% als eher langweilig. Es ist zu vermuten, dass das Aufzeigen

²⁵Aufgrund nicht vorliegender Normalverteilung wurden stets nicht-parametrisierte Testverfahren eingesetzt.

²⁶Der Korrelationskoeffizient r ist definiert als $r = \frac{z}{\sqrt{n}}$, wobei z die standardisierte Teststatistik des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests angibt und n den Stichprobenumfang. Nach (Cohen, 1992) wird ab $r = 0,10$ von einem schwachen, ab $r = 0,30$ von einem mittleren und ab $r = 0,50$ von einem starken Effekt gesprochen.

8 digi4all – Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt

der Breite der Informatik, die spielerischen Zugängen und die entsprechenden kreativen und kollaborativen Möglichkeiten zu dem gestiegenen Interesse beigetragen haben.

Ein zentrales Ziel des Studienangebots ist es, informatische Kompetenzen zu fördern, wobei insbesondere deren Anwendbarkeit im Fachunterricht sichergestellt werden soll. Untersucht man die Selbsteinschätzung der informatischen Kompetenzen (etwa zu den Komponenten eines Computers, der Codierung von Daten oder den fachlichen Auswirkungen von Algorithmen) sind – gemäß den vorab formulierten Erwartungen – nur geringe Vorkenntnisse festzustellen (vgl. Abb. 8.7). Vergleicht man die Ergebnisse derjenigen, die Informatikunterricht besucht haben (46%), mit denen, die angaben, keinen Informatikunterricht gehabt zu haben, zeigt sich, dass lediglich für die Frage „Ich kann erklären wie Computer Daten in 0 und 1 speichern.“ ein signifikanter Unterschied festzustellen ist (Mann-Whitney-U-Tests auf Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$)²⁷.

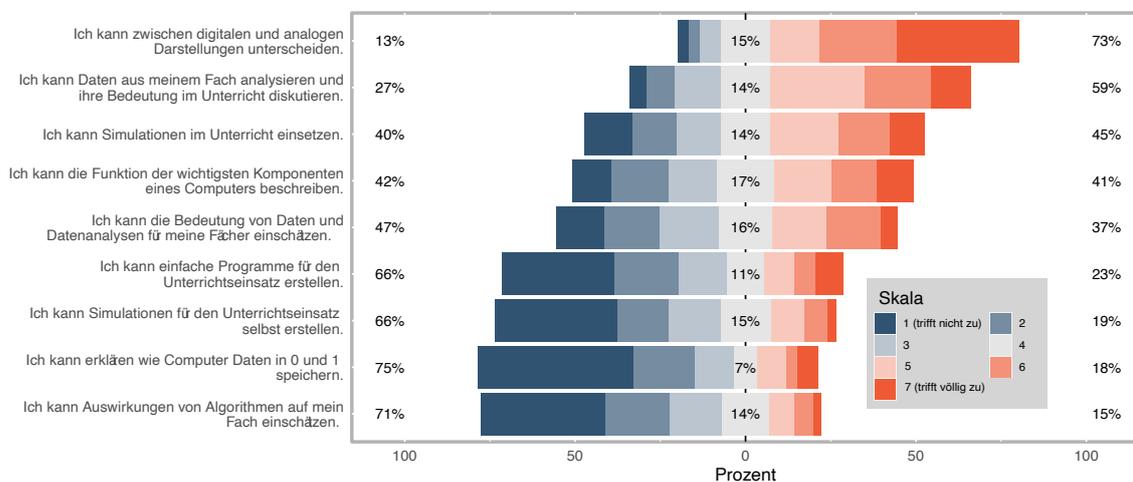


Abbildung 8.7: Selbsteinschätzung der Studierenden im Pretest (n=424)

Im Posttest wurden die Fragen zur Einschätzung des eigenen informatischen Wissens allgemein und in Unterrichtssituationen (siehe Tabelle 8.2) nach Beendigung des letzten Moduls erneut gestellt und signifikante Unterschiede in einem Vorher-Nachher-Vergleich ermittelt. Dabei konnte ein Matching bei 231 Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmern anhand des individuellen Teilnehmercodes hergestellt werden. Die Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, bei denen diese Zuordnung möglich war, unterscheiden sich nach dem Mann-Whitney-U-Test auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ sowohl im Pre- als auch im Posttest aber (in allen Fragen außer der nach der Bedeutung von Daten und Datenanalysen

²⁷Da nach dem Shapiro-Wilk-Test (H_0 : Grundgesamtheit ist normalverteilt) keine Normalverteilung vorliegt, wurden die Gruppen mit und ohne informatische Schulbildung mittels des Mann-Whitney-U-Tests (H_0 : Beide Gruppen entstammen der gleichen Grundgesamtheit) verglichen.

für die eigenen Fächer) nicht signifikant von denen, bei denen kein Matching vorlag, sodass von einer ausreichenden Repräsentativität der Ergebnisse ausgegangen werden kann.

Da keine normalverteilte Grundgesamtheit vorliegt, sind die üblichen Voraussetzungen für den gepaarten t-Test nicht erfüllt (Müllner und Herkner, 2005). Stattdessen wird für die abhängigen Stichproben im Vorher-Nachher-Vergleich der nicht parametrische Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test herangezogen (Rasch et al., 2010). In Tabelle 8.5 sind die jeweiligen Mediane, der p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (H_0 : Kein oder negativer Versuchseffekt)²⁸ und der Korrelationskoeffizient r ²⁹ als Maß für die Effektstärke dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Selbsteinschätzung der eigenen Kompetenzen im Vorher-Nachher-Vergleich in allen Teilfragen und auch insgesamt einen signifikanten Zuwachs verzeichnet. Die Effektstärken sind dabei in fast allen Fällen stark. Lediglich bei der Unterscheidung zwischen digitalen und analogen Darstellungen liegt aufgrund schon vorab hoher Zustimmungswerte eine mittlere Effektstärke vor. Obwohl die qualitative Auswertung der Freitextantworten durchaus zeigte, dass ein Teil der Studierenden Snap! als kompliziert einstufte, ist dennoch das Vertrauen in die eigenen Kompetenzen, einfache Programme oder Simulationen für den Unterrichtseinsatz zu erstellen, stark gestiegen. In Zusammenhang mit der modulbegleitenden Evaluation ist anzunehmen, dass die Umsetzung der Gestaltungsprinzipien, entsprechend den theoretischen Überlegungen insgesamt geeignet war, die fachlichen Herausforderungen zu adressieren und entsprechende informatische Kompetenzen zu fördern.

Auch die Evaluation der einzelnen Module zeigt, dass sowohl allgemeiner Nutzen, didaktische Qualität als auch Angemessenheit insgesamt positiv bewertet wurden und die Module ihren Zweck erfüllen. Einen Überblick über die Ergebnisse mit Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Cronbachs- α als Maß für den internen Zusammenhang der Skalen³⁰ gibt Tabelle 8.6. Nachdem die Teilnahme an den Evaluationen anonym und damit auch freiwillig war, schwankt die Anzahl an gegebenen Antworten je nach Modul. Daher ist bei allen Fragen jeweils die Gesamtanzahl an abgegebenen Antworten vermerkt. Am positivsten wurde dabei das sehr grundlegende Modul *Vernetzte Systeme sicher im fachlichen Lehren und Lernen nutzen* evaluiert. Dies verdeutlicht noch einmal mehr wie wichtig auch vermeintliche Grundlagen in einem solchen Angebot sind. Ansonsten fällt die Zustimmung zu digi4all bezüglich des allgemeinen Nutzens, der didaktischen Qualität und der Angemessenheit trotz der großen Heterogenität der Studierenden hinsichtlich Schulart und

²⁸Signifikante Testergebnisse zu einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ sind durch ein * gekennzeichnet.

²⁹Erneut gilt: Der Korrelationskoeffizient r ist definiert als $r = \frac{z}{\sqrt{n}}$, wobei z die standardisierte Teststatistik des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests angibt und n den Stichprobenumfang. Nach (Cohen, 1992) wird ab $r = 0,10$ von einem schwachen, ab $r = 0,30$ von einem mittleren und ab $r = 0,50$ von einem starken Effekt gesprochen.

³⁰Nach Streiner (2003) sind Cronbach- α Werte zwischen 0,6 und 0,7 akzeptabel, Werte zwischen 0,7 und 0,8 gut, Werte zwischen 0,8 und 0,9 sehr gut und Werte über 0,9 fragwürdig.

Studienfach recht hoch aus. Vor diesem Hintergrund scheinen die gewählten Gestaltungsprinzipien geeignet, um der heterogenen Zielgruppe zu begegnen und die Studierenden zur Auseinandersetzung mit dem Inhalt zu motivieren. Auch die fachliche Tiefe scheint ausgewogen zu sein, wie die Ergebnisse der Skala Angemessenheit belegen.

8.7 Diskussion

Die Ergebnisse aus den Erprobungen zeigen, dass die Gestaltung und der Aufbau des Studienangebots bzw. der Module erfolgreich waren. So konnte ein breites Publikum angesprochen und Lehramtsstudierende verschiedener Schularten und Fächer gewonnen werden. Der Nutzen der Themen konnte vermittelt werden, die Gestaltung wurde positiv evaluiert und auch die fachliche Tiefe stellte sich als angemessen heraus.

Eine spannende Beobachtung der Durchführung war, dass *Digitalisierung* in der Auffassung der Studierenden zu Beginn fast ausschließlich auf die *Mediennutzung* bezogen wurde. Im Rahmen des Studienangebots wurden darüber hinaus die Konsequenzen der Digitalisierung für Alltag und Fach betont. Wie aus den Rückmeldungen hervorgeht, konnten die Studierenden so mit dem Gelernten Phänomene oder Themen, die im Zuge der Digitalisierung im eigenen Fach an Relevanz gewinnen, besser verstehen bzw. einordnen. Die Module schaffen damit die notwendige Grundlage, Auswirkungen des digitalen Wandels auch in den eigenen Fächern und Fachdidaktiken zu diskutieren. Die konsequente Überführung der fachübergreifenden informatischen Bildung hin zur kontextualisierten Betrachtung in Bezug auf das studierte Unterrichtsfach dürften hier als zentrales Erfolgskriterium angesehen werden.

Eine besondere, aber lohnenswerte Herausforderung für die Studierenden bleibt jedoch weiterhin die Programmierung. So zeigen die Rückmeldungen durchaus, dass Studierende Programmierung als schwierig wahrnehmen und entsprechende Anstrengungen aufwenden mussten. Auf der anderen Seite geht aus den Ergebnissen des Pre-Post-Tests hervor, dass sich die Studierenden nach Absolvieren des Studienangebots im Gegensatz zu vorher auch das Erstellen eigener Programme oder Simulationen zutrauen. Die Erfahrungen aus der Durchführung, verdeutlichen, dass – gerade in Online-Umgebungen – kleinschrittiges und intensiviertes Scaffolding notwendig und auch hierbei eine entsprechende Kontextualisierung zentral ist, um die Relevanz zu verdeutlichen und damit zur Motivation beizutragen.

Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Items des Vorher-Nachher-Vergleichs zeigt, dass das Vertrauen in die eigenen Kompetenzen bereits im Pretest unterschiedlich stark ausgeprägt war. So wurden etwa die eigene Kompetenz, eine Simulation für den Unterrichtseinsatz zu erstellen, zu Beginn sehr viel geringer eingeschätzt als die Frage zum

Unterschied zwischen analogen und digitalen Darstellungen. Dementsprechend konnte hier auch zunächst ein höherer Zuwachs im Posttest verzeichnet werden. Allerdings lassen u. a. die Freitextantworten des ersten Moduls darauf schließen, dass Studierende tatsächlich kein genaueres Bild der Unterschiede zwischen digitalen und analogen Darstellungen hatten und ihr Vertrauen in die eigenen Kompetenzen hier nur bedingt den eigenen Kenntnisstand wiedergaben. Auch bei der Kompetenz Daten aus dem eigenen Fach und deren Bedeutung zu analysieren ist der Median aufgrund eines bereits vorher hohen Wertes nicht so stark gestiegen. Eine Ursache dürfte hier sein, dass bereits in anderen Kursen der verschiedenen Studiengänge eine (nicht notwendigerweise digitale) Analyse von Daten thematisiert wird. Nichtsdestoweniger lassen sich bei beiden Fragen dennoch mittlere bis starke Effektstärken nach *Cohen (1992)* auf das Vertrauen in die eigenen Kompetenzen verzeichnen.

Auch das Interesse der Studierenden an der Informatik stieg im Verlauf des Studienangebots leicht. Ein solcher Anstieg ist dabei nicht selbstverständlich. So stellen etwa *Yadav, Mayfield et al. (2014)* fest, dass sich das Interesse von angehenden Lehrkräften an der Informatik durch ihr entsprechendes Kursangebot nicht geändert hat und *Bergner (2016)* kommt zu dem Ergebnis, dass das Interesse an Informatik in einem außerschulischen Lernlabor unabhängig vom Modul sogar leicht abnahm, wobei das Interesse von älteren Besucherinnen und Besuchern im Vergleich sogar etwas stärker nachließ.

Eine mögliche Limitation der Untersuchung stellt die Tatsache dar, dass aufgrund der Freiwilligkeit der Modulevaluationen – gerade im Vorher-Nachher-Vergleich – eine Vorselektion stattfand und so vor allem besonders positive und besonders negative Eindrücke erhoben wurden. Generell ist bei der Teilnahme an den Evaluationen stärker als bei der Bearbeitung der Module eine abnehmende Beteiligung erkennbar. Neben der nichtverpflichtenden Teilnahme könnte die Ursache auch sein, dass die Modulevaluationen für die Studierenden vor allem gegen Ende des Moduls keinen erkennbaren Mehrwert mehr hatten, da sich Anmerkungen nicht auf andere, verbleibende Module auswirken können. Dies geht auch aus Antworten in einzelnen Modulevaluationen hervor wie z. B. „Ich empfinde nur die regelmäßige Umfrage als störend, da ich keine Kritik habe. Ich hoffe es ist okay, dass ich sie daher auch nur sporadisch ausfülle.“ oder „Die Modulevaluationen zu jeder Sitzung sind unnötig“. Trotzdem haben noch genügend Studierende an den Modulevaluationen teilgenommen oder bspw. über Kommentare Rückmeldung gegeben. Aus demselben Grund konnten auch im Pre-Post-Test für das Vertrauen in die eigenen Kompetenzen bzw. des Interesse an der Informatik nicht alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer erfasst werden. Da sich die Antworten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die am Pre- und Posttest teilnahmen bzw. die nur an einem der beiden Tests teilnahmen, im Mann-Whitney-U-Test jedoch nicht signifikant unterschieden, kann dennoch von einer ausreichenden Repräsentativität der Ergebnisse ausgegangen werden.

8.8 Fazit

Die Verankerung informatischer Bildung in der Lehrerbildung aller Fächer und Schularten stellt eine zentrale Aufgabe im Kontext digitaler Bildung dar. Ziel dieses dritten Teils war daher die Entwicklung und Beforschung eines Studienangebots, das angehenden Lehrkräften aller Fächer und Schularten grundlegende informatische Kompetenzen vermittelt.

Dabei stellten sich mehrere Herausforderungen. So sollte zeitnah, finanzierbar und skalierbar ein fundiertes informatisches Bildungsangebot für die tausenden Lehramtsstudierenden je Standort geschaffen werden. Auf der anderen Seite galt es, Studierende zur Auseinandersetzung mit informatischen Themen zu motivieren und diese Motivation kontinuierlich aufrecht zu erhalten und so zu einem positiv geprägten Bild der Informatik beizutragen. Schließlich sollte das Studienangebot einer heterogenen Studierendenschaft den Erwerb informatischer Kompetenzen ermöglichen, sodass sich konkrete Anwendungsmöglichkeiten für den Fachunterricht bieten. Die Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass für die Gestaltung entsprechender Angebote insbesondere eine hohe Heterogenität und geringe Vorerfahrungen der Studierenden berücksichtigt werden müssen, wobei kein Einfluss von Informatikunterricht erkennbar war.

Aufbauend auf der Analyse der Rahmenbedingungen und Herausforderungen wurde das Studienangebot im nächsten Schritt konkret ausgestaltet. So wurde das Studienangebot im Blended-Learning-Format umgesetzt, wobei sich die inhaltliche und methodische Ausgestaltung an theoretisch fundierten und im Rahmen der Begleitforschung ausgeschärfte Gestaltungsprinzipien orientierte, die sich auch in fünf Modulen mit informatischen Schwerpunkt zeigen. Diese wurden anschließend erprobt und evaluiert.

Eine abschließende Evaluierung zeigt, dass nicht nur informatische Grundlagen entsprechend für Studierende aller Fächer und Schularten zugänglich aufbereitet werden können, sondern dass die Studierenden auch die Sinnhaftigkeit bzw. Notwendigkeit dieser informatischen Grundlagen erkennen konnten und ihr Vertrauen in die eigenen Kompetenzen zum Unterrichten in der digitalen Welt gestärkt werden konnte. Als besonders erfolgreich haben sich in der Ausgestaltung eine starke Kontextualisierung in den jeweiligen Fächern, intensives Scaffolding, das Fördern von Kommunikation und Kollaboration, spielerische Zugänge sowie der Einsatz des didaktischen Doppeldeckers herausgestellt. Die Ergebnisse geben damit konkrete Hinweise für die Entwicklung informatischer Studienangebote für Lehramtsstudierende aller Fächer und Schularten.

Skala	Fragen
Allgemeiner Nutzen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ich lerne viel durch das Modul. 2. Das Absolvieren des Moduls lohnt sich. 3. Mein Wissensstand ist nach Absolvieren des Moduls wesentlich höher als vorher. 4. Ich lerne etwas Sinnvolles und Wichtiges. 5. Es treten oft unnötige inhaltliche Überschneidungen mit anderen Kursen auf. (<i>Umgekehrte Polung</i>) 6. Das Modul motiviert dazu, mich selbst mit den Inhalten zu beschäftigen.
Didaktische Qualität	<ol style="list-style-type: none"> 1. Die Bedeutung/Der Nutzen der behandelten Themen wird vermittelt. 2. Der Stoff wird anhand von Beispielen veranschaulicht. 3. Der inhaltliche Aufbau des Moduls ist unlogisch/nicht nachvollziehbar. (<i>Umgekehrte Polung</i>) 4. Ich verfüge über ein grundlegendes Verständnis als vor dem Absolvieren des Moduls. 5. Die Relevanz der Theorie für die Schulpraxis wird deutlich. 6. Die Relevanz der Theorie für die Anwendung in den von mir studierten Fachwissenschaften wird nicht deutlich. (<i>Umgekehrte Polung</i>)
Angemessenheit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Umfang des Stoffes ist angemessen. 2. Die Schwierigkeit des Stoffes ist angemessen. 3. Das Arbeitstempo, das das Modul von mir verlangt, ist angemessen. 4. Das Anforderungsniveau des Moduls ist insgesamt zu hoch. (<i>Umgekehrte Polung</i>) 5. Das Modul setzt zu viel persönliches Vorwissen voraus. (<i>Umgekehrte Polung</i>)

Tabelle 8.4: Items zu allgemeinem Nutzen, didaktischer Qualität und Angemessenheit nach *Peter et al. (2014)*

	Median pre	Median post	Wilcoxon-Test	<i>r</i>
Ich kann erklären wie Computer Daten in 0 und 1 speichern.	2	6	$p < 0,001^*$	0,67
Ich kann Auswirkungen von Algorithmen auf mein Fach einschätzen.	2	5	$p < 0,001^*$	0,66
Ich kann die Bedeutung von Daten und Datenanalysen für meine Fächer einschätzen.	4	6	$p < 0,001^*$	0,62
Ich kann Simulationen im Unterricht einsetzen.	4	6	$p < 0,001^*$	0,59
Ich kann Simulationen für den Unterrichtseinsatz selbst erstellen.	3	5	$p < 0,001^*$	0,61
Ich kann Daten aus meinem Fach analysieren und ihre Bedeutung im Unterricht diskutieren.	5	6	$p < 0,001^*$	0,52
Ich kann die Funktion der wichtigsten Komponenten eines Computers beschreiben.	4	6	$p < 0,001^*$	0,54
Ich kann einfache Programme für den Unterrichtseinsatz erstellen.	3	6	$p < 0,001^*$	0,63
Ich kann zwischen digitalen und analogen Darstellungen unterscheiden.	6	7	$p < 0,001^*$	0,38
Insgesamt	3.66	5.78	$p < 0,001^*$	0,69

Tabelle 8.5: Einschätzung der eigenen Kompetenzen (n=231, Likertskala von 1 (trifft nicht zu) bis 7 (trifft völlig zu))

Modul	Allgemeiner Nutzen		Didaktische Qualität		Angemessenheit	
	MW (SD)	α	MW (SD)	α	MW (SD)	α
Grundlagen der Digitalisierung (n=365)	5,33 (1,28)	0,84	5,33 (1,08)	0,63	5,23 (1,28)	0,85
Vernetzte Systeme sicher im fachlichen Lehren und Lernen nutzen (n=327)	5,79 (1,07)	0,84	5,78 (0,94)	0,67	5,87 (1,01)	0,81
Fachspezifische Probleme mit Algorithmen lösen (n=283)	5,37 (1,11)	0,87	5,46 (1,14)	0,75	5,48 (1,34)	0,90
Von Daten zu fachlichem Wissen (n=258)	5,36 (1,92)	0,90	5,44 (1,14)	0,81	5,75 (1,51)	0,86
Modellierungen und Simulationen in fachlichen Kontexten (n=253)	5,37 (1,01)	0,89	5,75 (0,95)	0,80	5,88 (1,55)	0,85

Tabelle 8.6: Allgemeiner Nutzen und Angemessenheit aufgeschlüsselt nach Modulen mit Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Cronbachs- α bei einer Likert-Skala von 1 bis 7

Teil IV:

Exemplarische Umsetzung: Entwicklung von Material und Werkzeugen für den Informatikunterricht

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

Neben der Gestaltung eines Studienangebots für die allgemeine Lehrerbildung gilt es auch, die in Teil II identifizierten Aspekte für den Informatikunterricht aufzubereiten und relevante Themen digitaler Bildung zu vermitteln. Im Folgenden soll dies exemplarisch am Aufbauthema künstliche Intelligenz vorgenommen werden (vgl. Kapitel 7).

9.1 Motivation und Ausgangslage

Vermutlich kaum ein anderes Thema bestimmt die Digitalisierungsdebatte und die aktuelle Berichterstattung über technologische Fortschritte im Bereich der Informationstechnologie so stark wie künstliche Intelligenz (KI). KI ist zentral für die Funktion vieler Anwendungen der digitalen Welt: von Sprachassistenten über Bilderkennungssysteme oder Produktempfehlungen im Online-Shopping bis hin zur automatischen Wissensextraktion aus geschriebenen Texten. Auch die Bundesregierung hat sich mit einem eigenen Strategiepapier dem Thema gewidmet (*Bundesregierung, 2018*). In den letzten Jahren hat sich vor allem ein Teilgebiet als maßgebliche Triebkraft dieser Entwicklungen herausgestellt: das maschinelle Lernen. Gerade wenn Prozesse kaum analytisch zu beschreiben sind, aber eine ausreichende Menge an Beispieldaten – etwa Sensordaten, Bilder oder Texte – verfügbar sind, findet maschinelles Lernen Anwendung. Dies trifft auf viele der oben beschriebenen prominenten Anwendungen von KI in der digitalen Welt wie Spracherkennung, Bilderkennung oder Produktempfehlungen zu. Entsprechend dem Anspruch, ein Verständnis der digitalen Welt zu schaffen und eine mündige Teilhabe zu ermöglichen (vgl. Kapitel 3), müssen Lernende die Möglichkeit haben, die zugrunde liegenden Ideen künstlicher Intelligenz und maschinellen Lernens nachvollziehen zu können (vgl. auch Teil II).

Aufgrund dieser zunehmenden Bedeutung wird KI bereits vermehrt auch im Bildungskontext diskutiert (z. B. *Touretzky et al. (2019), Heinze, Haase und Higgins (2010) und Kandlhofer et al. (2016)*) und hat daher jüngst auch Eingang in verschiedene (internationale) Curricula erhalten (etwa in den USA (*CSTA, 2017*) oder China (*Yu und Chen, 2018*)). Für ein Verständnis der zugrunde liegenden Ideen sind im Informatikunterricht insbesondere zwei Ansätze etabliert: Unplugged-Zugänge erlauben das spielerische Explorieren informatischer Konzepte und werkzeuggestützte Zugänge ermöglichen die interaktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand. Existierende Vorschläge im Bereich der KI und des maschinellen Lernens fokussieren aber vor allem die Anwendung stark und lassen den eigentlichen maschinellen Lernprozess oft außen vor.

Es gilt daher zu untersuchen und zu erproben, inwieweit es gelingt, entsprechende Ansätze für den Bereich des maschinellen Lernens zu entwickeln. Ziel dieses Kapitels ist es folglich, die Ideen maschinellen Lernens zu erfassen und für alle geeignete Zugänge zu maschinellem Lernen zu konzipieren. Der erste Zugang nutzt Unplugged-Aktivitäten, die explizit für einen Unterricht ohne Computer bzw. „ohne Strom“ konzipiert sind. Das erleichtert die Auseinandersetzung mit dem Thema künstliche Intelligenz für Lehrkräfte ebenso wie für Schülerinnen und Schülern und kann unabhängig von Alter oder Vorerfahrung verwendet werden, um auf basalem Niveau zugrunde liegende Ideen und Prinzipien zu erfahren. Der zweite Zugang baut auf einer Unplugged-Aktivität auf und nutzt das Werkzeug Snap!, um einen Blick in die „Blackbox“ KI zu erlauben.

9.2 Hintergrund

In diesem Abschnitt werden zunächst die Begriffe künstliche Intelligenz bzw. maschinelles Lernen eingeführt, ehe existierende Konzepte zur Vermittlung insbesondere des maschinellen Lernens betrachtet werden.

9.2.1 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

Künstliche Intelligenz existiert als Teilgebiet der Informatik bereits seit einiger Zeit: Der Begriff selbst wurde durch das *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* 1956 geprägt (McCarthy et al., 2006). Praktische Relevanz erlangte das Thema jedoch erst durch die Verfügbarkeit entsprechender Rechenkapazitäten. Trotz der langen Historie gibt es keine klare, eindeutig abgrenzbare Definition von künstlicher Intelligenz (Brézillon, 1999). McCarthy et al. definierten den Begriff in ihrem Antrag für das Dartmouth Research Projekt etwa mithilfe des angestrebten Ziels wie folgt: „Ziel der KI ist es, Maschinen zu entwickeln, die sich verhalten, als verfügten sie über Intelligenz.“ (McCarthy et al. (2006) zitiert nach Ertel (2016)). Rich (1983) bezeichnet künstliche Intelligenz als die Beforschung von all dem, was Menschen aktuell noch besser können als Computer³¹. Diese Definition spiegelt das wider, was sich auch im Bereich der KI zeigt: Mit zunehmenden Erfolgen wendet sich auch das Feld der KI anderen Aufgaben oder Bereichen zu.

Während in der Vergangenheit etwa logikbasierte Systeme im Fokus standen, sind viele der jüngsten Entwicklungen auf maschinelles Lernen – ein Teilgebiet der KI – zurückzuführen. Maschinelles Lernen beschreibt die Fähigkeit von Systemen, aus großen Datenmengen Muster und zugrunde liegende Regeln abzuleiten. Ergebnis dieses Lernprozesses, auch Training genannt, ist dann ein Modell, das für die erfolgreiche Bearbeitung unbekannter

³¹Eine detaillierte Diskussion des Begriffs findet sich etwa bei (Ertel, 2016).

Daten oder Probleme eingesetzt werden kann. Üblicherweise werden mit überwachtem, unüberwachtem und verstärkendem Lernen drei grundlegende Arten unterschieden, wie Maschinen lernen können (Li, 2017). Für jede dieser Arten existiert wiederum eine Vielzahl unterschiedlicher konkreter Methoden, um die jeweilige Art des Lernens zu realisieren.

9.2.2 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen als Thema informatischer Bildung

In letzter Zeit wurde eine Reihe von Konzepten vorgestellt, die Lernende an maschinelles Lernen heranführen wollen. Im Folgenden werden verschiedene existierende Ansätze betrachtet und eingeordnet. Die Firma Google etwa hat eine Sammlung von Werkzeugen veröffentlicht, die das Experimentieren mit künstlicher Intelligenz erlauben³². Mit der Teachable Machine³³ lassen sich über ein eigenes Interface dann beispielsweise Modelle zur Posenerkennung trainieren und für eigene Anwendungen exportieren. Der Trainingsprozess bleibt der Nutzerin bzw. dem Nutzer aber verborgen.

Ein großer Teil solcher Werkzeuge setzt allerdings auf blockbasierte Sprachen – so auch das britische Angebot *Machine Learning for Kids* (Lane, 2018). *Machine Learning for Kids* bietet eine Online-Plattform für überwachtes Lernen, die es erlaubt, eigene Modelle für die Erkennung von Text, Bildern oder Tönen zu trainieren und in Scratch-Projekten zu verwenden. Der Lernende füttert das Verfahren mit Trainingsdaten, der eigentliche Lernprozess erfolgt jedoch im Hintergrund auf speziell dafür bereitgestellten Servern.

Mit *PopBots* stellen Williams, Park et al. (2019) ein Werkzeug mit Fokus auf Vorschulkinder vor. *PopBots* setzt auf die gleichen Blöcken wie die Programmiersprache ScratchJr und stellt Unterrichtsmaterialien für wissensbasierte Systeme, überwachtes Lernen und die Musikerstellung durch den Computer bereit. Dem Zielpublikum angemessen erfolgt im zugehörigen Material jedoch keine vertiefte Auseinandersetzung mit den Konzepten des maschinellen Lernens bzw. den zugrunde liegenden Algorithmen.

Mit ihrer Arbeit zu *Cognimates* liefert Druga einen weiteren Ansatz zur Programmierung bzw. dem Training von KI-Modellen (Druga, 2018). Der Fokus dieses Frameworks liegt auf der Interaktion mit sozialen Robotern sowie deren Programmierung und Training (Druga, Williams, Breazeal et al., 2017; Williams, Machado et al., 2018; Druga, Williams, Park et al., 2018). Der Lernprozess bleibt dem Lernenden jedoch erneut verborgen und findet auf externen Servern statt.

Kahn und Winters (2017) entwickelten ein Framework für die Programmierung von KI in Snap!, das sie unter dem Namen *ecraft2learn* anbieten. Das Framework stellt eine Bibliothek

³²<https://experiments.withgoogle.com/>

³³<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

mit vielen verschiedenen KI-bezogenen Blöcken dar, die es der Nutzerin bzw. dem Nutzer ermöglichen, mit einer Vielzahl von KI-Konzepten und Anwendungsfällen wie Bild- oder Texterkennung innerhalb der Snap!-Umgebung zu experimentieren. Intern verwenden die Blöcke jedoch vom System bereitgestellte Programmierschnittstellen bzw. serverbasierte Dienste für die eigentliche Berechnung.

Einen Ansatz aus den 1960er Jahren stellt der Matchbox-Computer von *Gardner (1962)* dar. Mit diesem aus Streichholzschachteln, die jeweils mit einer möglichen Spielstellung beklebt sind und Tokens für jeden möglichen Spielzug enthalten, gebauten Computer kann durch Ziehen von Süßigkeiten aus den Streichholzschachteln verstärkendes Lernen nachempfunden werden. Für schulische Anwendungszwecke ist das Sammeln und Basteln der Streichholzschachtel möglicherweise etwas aufwendig, nichtsdestoweniger erlaubt diese Aktivität durch den Fokus auf das Wesentliche ein Verständnis der zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien.

Insgesamt zeigt sich, dass die existierenden Angebote oft einzelne Teilbereiche wie überwachtes Lernen (insbesondere Bilderkennung) fokussieren. Es gibt jedoch nur wenige Ansätze, die zugrunde liegende Ideen auch ohne Vorwissen zugänglich machen. Oft bleibt es bei einer anwendungsorientierten Perspektive, insbesondere bei der Thematisierung maschinellen Lernens, gerade wenn Techniken wie neuronale Netze genutzt werden. Allerdings lassen sich die zugrunde liegenden Konzepte künstlicher Intelligenz und maschinellen Lernens so nur schwer erfassen, besonders dann, wenn der eigentliche Lernprozess – für die Lernenden unsichtbar – im Hintergrund erfolgt, sodass das KI-System eine Blackbox bleibt. Um auch die technologische und gesellschaftlich-kulturelle Perspektive einzunehmen, ist ein Blick auf zugrunde liegende Ideen und Konzepte jedoch unabdingbar (vgl. *Brinda, Diethelm et al. (2016)*).

Offen ist, wie sich die Ideen maschinellen Lernens für alle zugänglich charakterisieren lassen und inwieweit Unplugged-Ansätze und werkzeuggestützte Ansätze dazu verwendet werden können, künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen für alle erfahrbar zu machen, sodass ein über die reine Anwendung hinausgehendes Verständnis auch ohne entsprechende informatische oder mathematische Vorkenntnisse möglich ist.

9.3 Charakterisierung der Ideen des maschinellen Lernens

Um Zugänge zu maschinellem Lernen zu entwickeln, müssen zunächst die zugrunde liegenden Ideen charakterisiert werden. Ein erster Ansatz, KI für Bildungszwecke zu charakterisieren, findet sich bei *Touretzky et al. (2019)*: Die dort in Anlehnung an die *Big Ideas of K12 Computing (Bell, Tymann, Yehudai et al., 2018)* entwickelten *Big Ideas* künstlicher Intel-

9.3 Charakterisierung der Ideen des maschinellen Lernens

lizenzen versuchen die zentralen Ideen und weniger aktuelle, technische Entwicklungen zu fassen. Dabei wurden die folgenden Ideen charakterisiert:

- Computer nehmen die Welt durch Sensoren wahr.
- Agenten verfügen über eine Repräsentation der Welt und nutzen diese für Schlussfolgerungen.
- Computer können aus Daten lernen.
- Intelligente Agenten benötigen vielfältiges Wissen, um auf natürliche Weise mit Menschen zu interagieren.
- Künstliche Intelligenz kann positive und negative Effekte auf die Gesellschaft haben.

Dieser Ansatz konzentriert sich jedoch auf das Feld als KI als Ganzes, das Feld des maschinellen Lernens wird unter dem Punkt „Computer können aus Daten lernen gefasst“ zusammengefasst. Eine genauere Charakterisierung des maschinellen Lernens aus fachdidaktischer Sicht existiert bislang nicht. Vor dem Hintergrund der Vielzahl konkreter Verfahren im Bereich des maschinellen Lernens und einer daraus resultierenden Unübersichtlichkeit für Lernende wird eine Fokussierung auf die Ansätze des überwachten, unüberwachten und verstärkenden Lernens vorgeschlagen, die anschließend anhand konkreter Verfahren exploriert werden. Im Folgenden werden nun die diesen Ansätzen zugrunde liegenden Ideen aus didaktischer Sicht charakterisiert. Dazu wurden in Rücksprache mit Lehrkräften konkrete Visualisierungen (vgl. Abbildungen 9.1, 9.2 und 9.3) und Erläuterungen für den Unterrichtseinsatz entwickelt, die diese Ideen erfassen. Diese bilden auch die Basis für die zu entwickelnden Aktivitäten.

Überwachtes Lernen. Einen Ansatz stellt das überwachte Lernen (*supervised learning*, siehe Abbildung 9.1) dar, bei dem bereits bekannt ist, welches Ergebnis von einem Computer auf eine bestimmte Eingabe hin erwartet wird. Die tatsächliche Ausgabe des Computers wird mit dieser Erwartung verglichen und es werden Rückschlüsse gezogen, wie das Modell modifiziert werden muss, um Erwartung und Ausgabe anzugleichen. Dafür stehen eine Reihe von Daten mit entsprechenden Beschriftungen als Eingabe zur Verfügung. Ziel ist, Regeln zu finden, nach denen diesen Eingabedaten jeweils die passende Beschriftung zugeordnet werden kann. Anschließend können diese in einem Modell erfassten Regeln auf beliebige neue Eingabedaten angewendet werden. Überwachtes Lernen kann dabei in die folgenden Schritte unterteilt werden (vgl. Abbildung 9.1):

1. Entscheidend für die Verwendung von überwachtem Lernen ist die Verfügbarkeit zahlreicher beschrifteter (auch „gelabelter“) Eingaben, die Trainingsdaten genannt werden (im Bild durch Bausteine mit der Beschriftung „A“, „B“, „C“ bzw. „D“ darge-

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

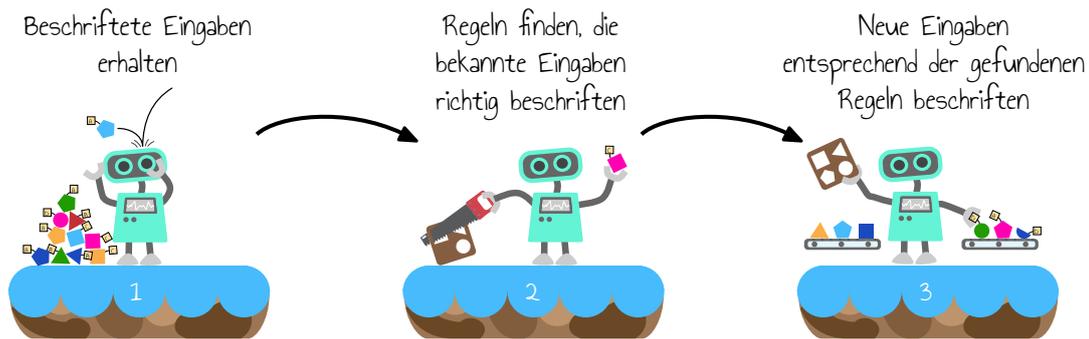


Abbildung 9.1: Überwachtes Lernen (supervised learning, CC-BY Seegerer, Michaeli, Jatzlau, Robotergrafik unterliegt CC0 1.0 Public Domain)

stellt). Das können Fotos mit Beschriftungen wie „Katze“ oder „Hund“ oder englische Sätze mit der deutschen Übersetzung als Beschriftung sein.

2. Aus diesen beschrifteten Eingaben leitet das Verfahren Regeln ab, die die Zuordnung der Merkmale der Eingabe (z. B. der Form und Farbe von Bausteinen) und ihrer Beschriftung (z. B. „A“) möglich machen, und verfeinert diese Regeln nach und nach. Auch bei Bildern können durch bestimmte Verfahren beispielsweise einfache geometrische Formen identifiziert werden, die als Merkmale dienen. Da die Beschriftungen der Eingaben aus der Trainingsmenge bekannt sind, kann der Lernprozess „überwacht“ werden: Das Verfahren erhält Rückmeldung darüber, ob und inwieweit die aufgestellten Regeln auf Basis der Merkmale die Eingabe bereits mit der richtigen Beschriftung versehen. Auf Grundlage dieser Rückmeldung werden die bisher angenommenen Regeln entsprechend angepasst, um schrittweise zu einem immer besseren Ergebnis zu kommen. Diesen Schritt nennt man auch Trainingsphase. Die Gesamtheit aller Regeln stellt das Modell (in der Grafik mit dem Roboter die Holzschablone) dar, das erhaltene Eingaben mit der richtigen Beschriftung versehen soll. Diese Regeln könnten beispielsweise explizit als Entscheidungsbaum oder implizit durch die Parameter eines neuronalen Netzes repräsentiert werden.
3. Nach Abschluss des Trainings kann das Modell dazu verwendet werden, neue (vergleichbare) Eingaben zu beschriften. Der Roboter kann nun beispielsweise mithilfe seiner Schablone weiteren Bausteinen die Beschriftung „A“ oder „B“ zuweisen. Ein überwachtes Lernverfahren, das darauf trainiert wurde, Katzen und Hunde auf Fotos zu unterscheiden, kann nun auch dazu eingesetzt werden, unbekannte Bilder von Hunden oder Katzen zu beschriften, selbst wenn Blickwinkel oder Lichtverhältnisse des Fotos sich von den Bildern der Trainingsmenge unterscheiden. Bevor ein solches Modell aber tatsächlich zum Einsatz kommt, sollte noch seine Leistungsfähigkeit, also seine Genauigkeit, bestimmt werden. Dafür bietet es sich an, einen Teil der be-

9.3 Charakterisierung der Ideen des maschinellen Lernens

schrifteten Eingaben, die ursprünglich erhalten wurden, als sogenannte Testdaten zurückzuhalten. Diese werden nun herangezogen, um zu prüfen, wie gut das Verfahren auch diese Eingaben – die nicht für den Lernprozess herangezogen wurden – beschriftet.

Unüberwachtes Lernen. Im Gegensatz dazu steht unüberwachtes Lernen (*unsupervised learning*, siehe Abbildung 9.2), bei dem sich das Modell basierend auf der Ähnlichkeit von Eingaben selbstständig verändert. Diese Art des Lernens kommt insbesondere dann zum Einsatz, wenn keine bereits beschrifteten Daten vorhanden sind, die zum Training des KI-Systems verwendet werden können. Auch dies lässt sich wieder anhand der Schritte in der didaktischen Charakterisierung in Abbildung 9.2 darstellen.



Abbildung 9.2: Unüberwachtes Lernen (unsupervised learning, CC-BY Seegerer, Michaeli, Jatzlau)

1. Für einige Probleme stehen weder eine entsprechende Zahl an beschrifteten Daten (wie beim überwachten Lernen) noch eine Möglichkeit zur Bewertung des Verhaltens (wie beim verstärkenden Lernen) zur Verfügung. Die vorhandenen Informationen beschränken sich auf die unbeschrifteten Eingabedaten. Dementsprechend verfügt der Roboter in Abbildung 9.2 lediglich über Daten in Form eines Haufens von Bausteinen. Ein Beispiel aus der Realität könnte hier die Segmentierung von Kundengruppen für die Personalisierung von Werbung sein. Die Eingabedaten sind in diesem Fall Kunden, für die zwar Merkmale wie Alter, bisherige Käufe oder Einkommen zur Verfügung stehen, aber keine Beschriftung wie etwa „technikinteressiert“.
2. Unüberwachte Lernverfahren verarbeiten nun die Eingabedaten, indem sie Ähnlichkeiten zwischen Merkmalsausprägungen identifizieren. Im Fall des Roboters sind die Eingaben die einzelnen Bausteine und deren Merkmale, beispielsweise die Anzahl der Ecken. Als Annahme gilt: Je ähnlicher sich diese Merkmale sind, desto ähnlicher sind sich auch die Eingaben. Das gleiche gilt für die Merkmale der Kunden: Je ähnlicher sich Kaufverhalten, Einkommen, Alter und so weiter sind, desto ähnlicher sind sich zwei Kunden.

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

3. Ähnliche Eingaben bilden so Gruppen wie z. B. alle Vierecke für den Roboter. Ausreißer wie beispielsweise der Kreis liegen isoliert. Aus den Kundendaten ergeben sich ebenso verschiedene Gruppen, an die beispielsweise unterschiedliche Werbung ausgespielt werden kann.

Verstärkendes Lernen. Das verstärkende Lernen (*reinforcement learning*, siehe Abbildung 9.3) stellt den dritten grundlegenden Lerntyp dar. Hierbei werden die Reaktionen eines lernenden Agenten³⁴ auf bestimmte Eingabedaten bewertet. Basierend auf der erhaltenen Bewertung passt das System seine Reaktionen an und belohnt bzw. bestraft den Agenten. Im Versuch, seine Belohnung zu maximieren, erlernt der Agent eine Strategie (*Brockman et al., 2016*)³⁵.

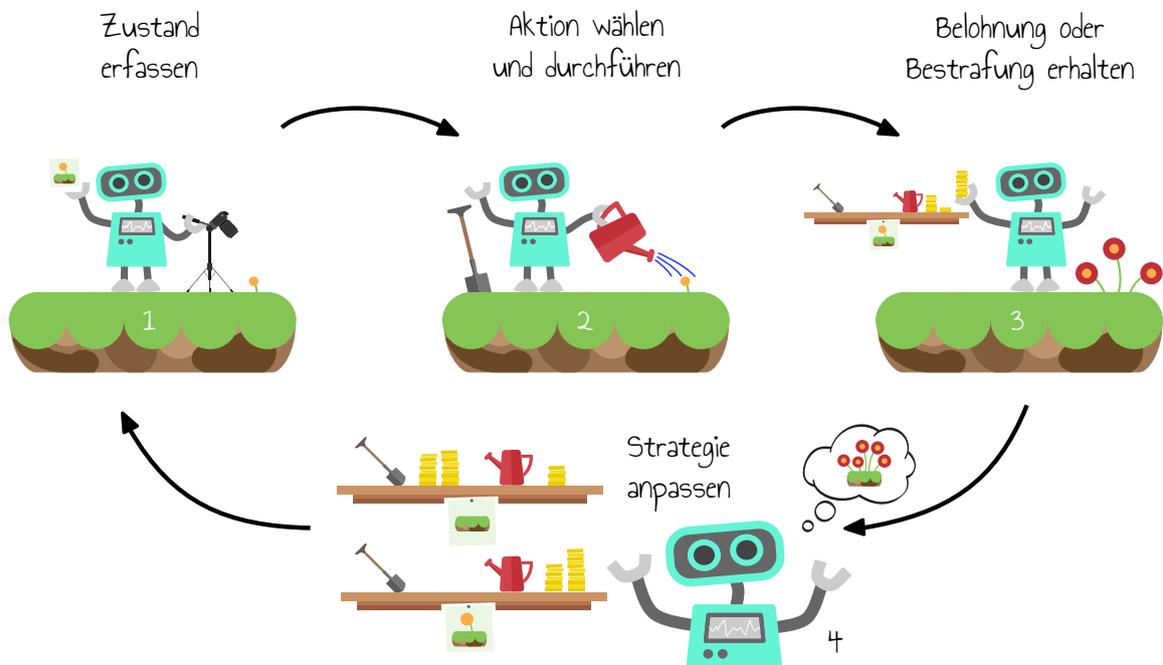


Abbildung 9.3: Verstärkendes Lernen (reinforcement learning, CC-BY Seegerer, Michaeli, Jatzlau)

In Anlehnung an Abbildung 9.3 lässt sich verstärkendes Lernen durch die folgenden vier Schritte beschreiben:

³⁴Unter einem Agenten wird üblicherweise Software und/oder Hardware verstanden, die anspruchsvolle Aufgaben im Namen der Nutzerin bzw. des Nutzers erfüllen kann (*Nwana und Ndumu, 1998*) – umgangssprachlich auch als Bot bezeichnet (*Uzok und Kunstman, 2010*).

³⁵Eine ausführlichere, didaktisch reduzierte Erklärung aller drei Arten zusammen mit typischen Einsatzbereichen findet sich in (*Seegerer, Michaeli und Romeike, 2020b*)

1. Zunächst erfasst der Agent den Zustand, also die relevanten Aspekte seiner Umwelt. Im didaktisch reduzierten Schaubild mit dem Roboter ist dieser beispielsweise durch den Wachstumsstand der Blumen gegeben, bei einem Schachspiel durch die Position aller Figuren auf dem Feld.
2. Innerhalb seiner Umwelt kann der Agent nun Aktionen ausführen, die er je nach Zustand der Umwelt aus einer Menge verfügbarer Aktionen auswählt. Im Schaubild hat der Roboter in jedem Zustand dieselben zwei möglichen Aktionen zur Auswahl: gießen oder mit dem Spaten Setzlinge pflanzen. Bei einem Schachspiel entsprechen die Aktionen allen in der jeweiligen Stellung möglichen Zügen. Durch das Ausführen einer der verfügbaren Aktionen verändert sich der Zustand der Umwelt.
3. Dabei wird der Agent nach im Voraus festgelegten Regeln belohnt oder bestraft. Wenn sich der Roboter im Zustand „Setzlinge bereits gepflanzt“ befindet und durch die Aktion „Gießen“ zum Wachstum der Setzlinge beiträgt, wird er belohnt (symbolisch dargestellt durch die Münzen). Gräbt er stattdessen mit dem Spaten die Setzlinge wieder aus, wird er bestraft (und ihm werden Münzen abgenommen). Im Schach hingegen könnte der Agent für jedes gewonnene Spiel belohnt werden.
4. Während Belohnung den Agenten dazu verleitet, Verhalten häufiger zu zeigen, führt eine Bestrafung dazu, dass dieses Verhalten von nun an seltener an den Tag gelegt wird. Erfolgreiche Aktionen werden also „verstärkt“, ungeeignete Aktionen „verlernt“. Auf diese Art und Weise passt der Agent seine Strategie an, die in seinem Modell gespeichert wird. Wird vom Lernvorgang des Agenten gesprochen, ist damit eine Anpassung des Modells, in dem er für jeden Zustand eine aktuelle Bewertung der möglichen Aktionen pflegt, gemeint (im Schaubild durch das Regal visualisiert).

Jede dieser Lernarten kann durch mehrere konkrete Algorithmen realisiert werden. Allerdings bilden eben gerade die in den jeweiligen Abbildungen 9.1, 9.2 und 9.3 dargestellten Lernprozesse die zugrunde liegenden Ideen von maschinellem Lernen ab. Im Kontext von Lernenden sollte daher darauf geachtet werden, dass der Fokus nicht auf der technischen Realisierung, sondern auf diesen zugrunde liegenden Ideen liegt.

9.4 Überwachtes Lernen Unplugged

Viele der bekanntesten Anwendungen maschinellen Lernens bzw. künstlicher Intelligenz basieren auf überwachtem Lernen. So bauen etwa Systeme zur Bilderkennung oder zur maschinellen Übersetzung auf entsprechenden Verfahren auf.

Um junge Menschen zu einem mündigen Umgang mit solchen Systemen zu befähigen (vgl. Kapitel 3) und sie in die Lage zu versetzen, fundierte Entscheidungen im Hinblick auf KI-Systeme treffen zu können, ist es daher wichtig, dass sie ein Verständnis der zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien entsprechender Verfahren entwickeln. In diesem Abschnitt wird die Konzeption einer Aktivität dargelegt, die die zugrunde liegende Idee überwachten Lernens vermittelt.

Um die zugrunde liegende Idee (vgl. auch Abb. 9.1) zu vermitteln, orientiert sich dieser erste beschriebene Ansatz am CS-Unplugged-Konzept. *CS Unplugged* stellt verschiedene Aktivitäten bereit, die Lernenden jeden Alters grundlegende Ideen und Konzepte der Informatik näher bringen. Es geht darum, Konzepte der Informatik enaktiv (Bruner, 1966) und ohne den Einsatz von Computern – also „unplugged“ – zu begreifen. Entsprechende Aktivitäten werden mittlerweile seit gut 30 Jahren im Kontext informatischer Bildung verwendet (Bell, Rosamond und Casey, 2012). Der erfolgreiche Einsatz von Unplugged-Aktivitäten ist dabei in allen Altersstufen möglich: So werden entsprechende Aktivitäten etwa in einer Unterrichtssequenz für die Einführung in die Programmierung in der Grundschule (Geldreich, Funke und Hubwieser, 2017), in außerschulischen Lernlaboren (Gallenbacher, Gose und Heun, 2015) oder in der Erwachsenenbildung eingesetzt (Garcia, Harvey und Segars, 2012). Und auch im Bezug auf maschinelles Lernen zeigt bereits der Matchbox-Computer von Gardner (1962), dass Unplugged-Aktivitäten in diesem Kontext eingesetzt werden können. Da Unplugged-Aktivitäten darüber hinaus keine zusätzlichen Hürden durch etwaige Werkzeuge einführen und sich damit insbesondere auf Konzeptebene arbeiten lässt, stellen sie einen vielversprechenden Ansatz dar, die entsprechenden zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien von überwachtem Lernen zu vermitteln. Um entsprechende Aktivitäten zu gestalten, ist die Orientierung an Gestaltungsprinzipien hilfreich. Für Unplugged-Aktivitäten schlagen Nishida et al. (2009) konkret folgende Gestaltungsprinzipien vor:

- **No Computers:** Innerhalb der Aktivität werden keine Computer genutzt.
- **Games:** Zentraler Aspekt ist ein Spiel oder eine Herausforderung, sodass die Kinder die Aktivität spielerisch erleben, was Interesse, Neugier und Motivation fördert.
- **Kinaesthetic:** Es werden physische Objekte wie Karten oder Gewichte genutzt.
- **Student directed:** Die Aktivitäten fördern Interaktion bzw. Kommunikation unter Lernenden und ermutigen sie, Antworten durch Ausprobieren zu finden.
- **Easy implementation:** Die Aktivitäten sollten nicht nur leicht vorzubereiten, sondern auch günstig umzusetzen zu sein, indem Material verwendet wird, das sich in Schulen bereits findet bzw. das lediglich gedruckt oder kopiert werden muss.
- **Growing body of ideas:** Das Teilen bzw. der Austausch von Ideen und Adaptionen von Unplugged-Aktivitäten erlaubt es, diese an lokale Bedingungen anzupassen.

- **Sense of story:** Die Aktivität kann zudem in eine (fiktive) Geschichte eingebettet werden. Dies hilft, insbesondere jüngere Lernende für die Aktivität zu begeistern.

Im Folgenden soll nun zunächst die Konzeption der Aktivität anhand dieser Gestaltungsprinzipien beschrieben werden. Sie wurde als Teil von *AI Unplugged* (Seegerer, Lindner und Romeike, 2019), einer Sammlung von Aktivitäten, die die elementaren Konzepte hinter KI-Systemen herausstellen, veröffentlicht und dient als Einstiegsaktivität mit Fokus auf überwachtes Lernen und ist für Lernende jeden Alters gedacht, soll aber insbesondere auch jüngere Lernende ansprechen. Im Anschluss daran wird eine mögliche Einbindung in den Unterricht vorgestellt.

9.4.1 Beschreibung



Abbildung 9.4: Beispiel aus der Aktivität zu überwachtem Lernen

Die Aktivität ist in eine Geschichte rund um das Thema Zoo eingebettet: Die Schülerinnen und Schüler sind Tierpflegerinnen bzw. Tierpfleger und für die Fütterung der Äffchen zuständig. Allerdings beißt ein Teil der Äffchen. Von denen, die bereits im Zoo leben, ist bekannt, ob sie beißen, weshalb der Lernprozess „überwacht“ werden kann. Allerdings werden bald neue Tiere zur Gruppe hinzukommen. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich überlegen, wie sie herausfinden können, welche neuen Äffchen³⁶ beißen und welche nicht – ohne selbst gebissen zu werden.

³⁶Die Äffchengrafiken unterliegen CC0 1.0 Public Domain Dedication

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

Je nach Zielgruppe wird sich für die elementare Spielvariante mit 20 Bildkarten (blau hinterlegt) oder die fortgeschrittene Variante mit 40 Bildkarten (blau und grün hinterlegt, siehe Abb. 9.4) entschieden. Bei diesen 20 bzw. 40 Äffchen handelt es sich um alle Tiere des Zoos, d. h. von diesen ist bereits bekannt, ob sie beißen. Die Äffchenkarten werden in sogenannte Trainings- und Testdaten aufgeteilt. Anhand der Trainingsdaten überlegen sich die Schülerinnen und Schüler Entscheidungsregeln, die bestimmen, ob die Äffchen beißen, und prüfen deren Zuverlässigkeit anhand der Testdaten. Dazu werden die Trainingsdaten – unterteilt in die zwei Kategorien *beißend* und *nicht beißend* – gut sichtbar an die Tafel gepinnt. Die Testdaten hingegen werden zunächst zurückgelegt. An einem Beispiel wird den Schülerinnen und Schülern verdeutlicht, auf welche Merkmale (Features) sie sich konzentrieren könnten. Im Beispiel in Abbildung 9.5 ist beispielsweise das Merkmal „gefletschte Zähne“ ein Indiz für beißende Äffchen, nicht aber die Augen.

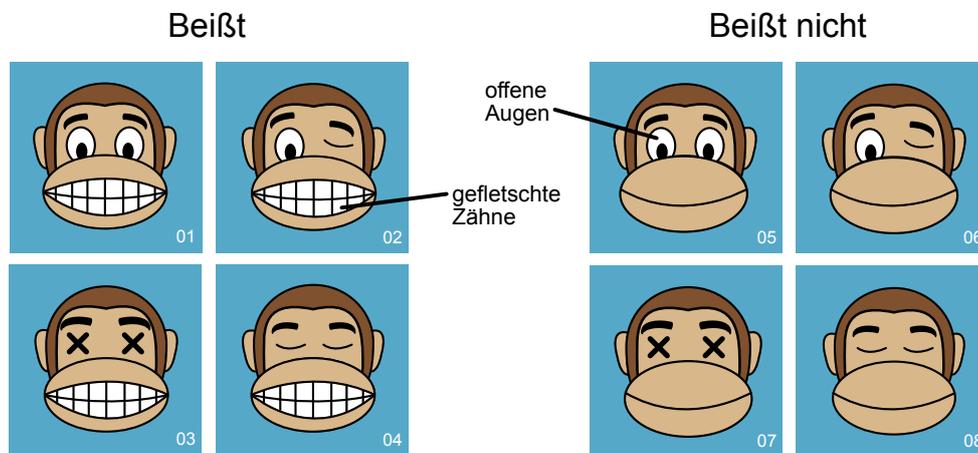


Abbildung 9.5: Beispiel zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Merkmale

Die Schülerinnen und Schüler überlegen sich anhand der Trainingsdaten nun Kriterien, wie sie beißende von nicht beißenden Äffchen unterscheiden können. Diese müssen so eindeutig notiert werden, dass sie im Anschluss von einer Klassenkameradin oder einem Klassenkameraden ausgewertet werden können. Das Vorhandensein bzw. die Abwesenheit eines bestimmten Merkmals ermöglicht die klare Zuordnung zu einer Gruppe. Eine Möglichkeit der Notation sind Entscheidungsbäume, die zuvor eingeführt werden können. Die Nutzung von Entscheidungsbäumen ist jedoch optional, alternativ ist auch das konkrete Notieren von Regeln denkbar. Am Ende der Trainingsphase werden die formulierten Kriterien mit anderen Schülerinnen bzw. Schülern getauscht.

Nun werden den Schülerinnen und Schülern nacheinander Bilder der restlichen Äffchen (Testdaten) gezeigt. Für jedes Äffchen-Bild müssen die Teams unter Verwendung des Regelschemas einer anderen Gruppe entscheiden, ob das Äffchen beißt oder nicht. Jede Person

bzw. jedes Team notiert die getroffene Entscheidung. Nachdem alle Äffchen gezeigt wurden, wird ausgewertet, welche Person bzw. welches Team bei den meisten Äffchen das Beißverhalten richtig klassifiziert hat. Dabei fällt auf, dass viele Klassifikationsmodelle die Äffchen zwar mehrheitlich richtig kategorisieren, es jedoch schwer ist, alle Tiere richtig einzuordnen. Für die Schülerinnen und Schüler in ihrer fiktiven Rolle als Tierpflegerin bzw. Tierpfleger ist es also am sinnvollsten, das erfolgreichste Modell bei der Fütterung der neuen Äffchen zu nutzen, auch wenn dadurch nicht sichergestellt werden kann, dass sie wirklich nie gebissen werden. Auch die Nutzung mehrerer Modelle und einem darauf basierten „Mehrheitsentscheid“ könnte hier diskutiert werden.

Das Bild eines anderen Tiers (etwa eines Krokodils) wird zum Anlass genommen, um zu thematisieren, wie problematisch es für ein KI-System ist, wenn sich die Merkmalsausprägung eines Elements deutlich von denen der Trainingsdaten unterscheidet.

Wie bereits eingangs beschrieben liegt dieser Aktivität das Prinzip des überwachten Lernens zugrunde. Das System erhält eine Reihe von Ein- und Ausgabepaaren (Trainingsdaten) und erlernt, wie diese miteinander in Beziehung stehen. Zunächst gilt es, entsprechende Merkmale für das Erstellen eines Modells auszuwählen. Der daraus ermittelte Zusammenhang wird dann verwendet, um neue Elemente in eine der Kategorien einzuordnen. Testdaten, deren Kategorisierung zwar prinzipiell bekannt ist, die jedoch nicht in das Training des Modells einfließen, dienen dazu, die Güte des erlernten Klassifikationsmodells zu bestimmen und ein Modell mit entsprechender Güte auszuwählen. Bei diesem Vorgehen kann es jedoch zu verschiedenen Problemen kommen. Je nach Trainingsdaten kann das Klassifikationsmodell bestimmte Eigenschaften der Trainingsdaten zu stark gewichten oder vernachlässigen, sodass keine korrekte Klassifikation unbekannter Elemente mehr möglich ist. Viele Trainingsdaten können helfen, diese Effekte zu verringern, führen allerdings nicht immer zu genaueren Ergebnissen, da zu viele Trainingsdaten auch eine Überanpassung zur Folge haben können. In diesem Fall ist das System anschließend nicht mehr in der Lage, die gefundenen Muster bzw. Regeln zu verallgemeinern, sodass auch neue Daten richtig beschriftet werden können.

Diese Aspekte von überwachtem Lernen im Speziellen und maschinellem Lernen im Allgemeinen können alle im Rahmen der Aktivität thematisiert werden. Die Schülerinnen und Schüler geben bei der Anwendung der Regelwerke in der Testphase Erklärungen ab, nach welchen Merkmalen sie die Äffchen eingeordnet haben. So wird deutlich, dass unterschiedliche Regelwerke verwendet werden. Da normalerweise nicht alle Äffchen richtig klassifiziert wurden, wird zudem deutlich, dass ein Klassifikationsmodell, das nur auf einem Teil der möglichen Eingaben trainiert wurde, im Regelfall nicht zu 100% genau ist, sondern dass das Modell gewählt werden muss, das die Testdaten am besten einordnet.

Die Aktivität setzt ferner die Gestaltungsprinzipien für Unplugged-Aktivitäten um. So werden innerhalb der Aktivität keine Computer genutzt, eine Herausforderung (in diesem Fall:

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

möglichst viele Äffchen richtig zu klassifizieren) ist zentraler Bestandteil der Aktivität, mit den Karten werden physische Objekte verwendet und Schülerinnen und Schüler entdecken die Idee hinter überwachtem Lernen, aber auch Probleme beim Einsatz von KI-Systemen spielerisch, indem sie selbst überwachtes Lernen aktiv anwenden bzw. nachvollziehen. Es werden außerdem keine teuren Materialien für die Durchführung benötigt, es muss lediglich ein Satz Äffchenkarten für die gesamte Klasse gedruckt werden. Zudem ist die Aktivität unter einer Creative Common Lizenz veröffentlicht und kann so an lokale Bedingungen angepasst werden. Zuletzt ist die Aktivität außerdem in eine (fiktive) Geschichte rund um das Thema Zoo eingebettet.

Darüber hinaus mussten bei der Umsetzung auch didaktische Entscheidungen getroffen werden. So wurde bewusst kein bestimmtes Verfahren bzw. eine bestimmte Technologie wie ID3 oder neuronale Netze in die Aktivität integriert, um den Fokus auf die eigentliche Idee zu legen. Ohne die zusätzliche Komplexität dieser Verfahren sollte das zugrunde liegende Prinzip (vgl. Abbildung 9.1) möglichst direkt erfahrbar werden. Gleichzeitig sollte das Beispiel jedoch anschlussfähig für weitere Vertiefungen sein, weshalb das Lernen auch mithilfe von Entscheidungsbäumen umgesetzt werden kann. Diese sind einfach zu interpretieren und können auch ohne einem Algorithmus wie ID3 oder CART exakt zu folgen umgesetzt werden. Weiterhin sollte im Sinne der Vernetzung des Wissens Anschluss zu weiteren verwandten bzw. anschließenden Themen bestehen. Daher wurden bewusst abstrakte Bilder von Äffchen verwendet, aus denen Merkmale zwar zum einen leicht abzulesen sind, die zum anderen aber auch das Auswählen relevanter Merkmale notwendig machen. Auch das Szenario mit beißenden und nicht-beißenden Äffchen wurde bewusst gewählt, da es, obgleich fiktiv, aufgrund der suggerierten Einteilung in „gut“ (beißt nicht) und „böse“ (beißt) bereits eine Diskussion ethischer Fragen erlaubt bzw. deren Diskussion vorbereitet. Während der Erstellung lag ein besonderes Augenmerk auf der Zuteilung in Trainings- und Testdaten. Zunächst sollte dies der durchführenden Lehrkraft freigestellt sein. Allerdings zeigten die ersten Erfahrungen, dass eine Aufteilung, die aufseiten der Schülerinnen und Schüler zu mehreren unterschiedlichen Ergebnissen und Erfolgsraten führt, präzise ausgewählt werden sollte, weshalb zwei konkrete Aufteilungen mit unterschiedlicher Komplexität bereits vorgegeben wurden.

9.4.2 Unterrichtspraktische Umsetzung und Erfahrungen

Exemplarisch wird in diesem Abschnitt eine 45-minütige Einheit geschildert, in der die Aktivität zum Einsatz kommt. Schülerinnen und Schüler können nach dieser Stunde zum einen erklären, wie ein Computer anhand einer bereits klassifizierten Beispielmenge lernt, Elemente erfolgreich zu klassifizieren, zum anderen können sie den Trainingsvorgang eines Klassifikationssystems beschreiben und die Bedeutung von Trainings- und Testdaten

herausstellen. Des Weiteren können reale Situationen beschrieben werden, in welchen KI-Entscheidungen problematisch sein können. Die Stunde stellt grundlegende Aspekte maschinellen Lernens vor und beleuchtet gleichzeitig gesellschaftliche Problemstellungen, die aus der Verwendung von KI-Systemen für Klassifikationsaufgaben entstehen können. Folgende Gliederung der Unterrichtsstunde ist dabei möglich:

- Zum Einstieg spielen die Schülerinnen und Schüler zunächst eine einfache Version des Äffchen-Spiels, um das Spielprinzip zu erfassen.
- Die Ergebnisse des ersten Durchgangs werden ausgewertet und das beste Klassifikationsmodell ausgewählt.
- In einer weiteren Spielrunde kommt nun eine komplexere Spielversion zum Einsatz.
- Auch dieser Durchgang wird ausgewertet und das beste Klassifikationsmodell bestimmt.
- Mithilfe einer Lernaufgabe, die den Abstraktionsprozess vom konkreten Spiel hin zum allgemeinen maschinellen Lernprozess ermöglicht, wird die Aktivität dekontextualisiert.
- Abschließend werden die Ergebnisse der Lernaufgabe diskutiert und auf das Beispiel der Teachable Machine³⁷ übertragen.

Die Aktivität wurde neben verschiedenen Workshops mit Erwachsenen ohne Bezug zu Informatik, Informatiklehrkräften und Schülerinnen und Schülern auch im regulären Unterricht mit der neunten Klasse einer Realschule erprobt. Obgleich die Schülerinnen und Schüler eine rudimentäre Vorstellung des Begriffs künstliche Intelligenz hatten, verfügten sie doch über keine inhaltlichen Vorkenntnisse in diesem Themenbereich. So verbanden viele Schülerinnen und Schüler den Begriff vor allem mit selbstständig agierenden, lernfähigen Robotern, wie sie in Filmen dargestellt werden, weniger oder gar nicht mit realen Anwendungen, die mithilfe von KI realisiert werden.

Bei der Durchführung erfassten die Schülerinnen und Schüler die Funktionsprinzipien der Aktivitäten schnell und umfassend, bei der Arbeit in Teams waren die Schülerinnen und Schüler konzentriert und berichteten im Anschluss davon, dass die Aktivität Spaß gemacht hätte. Als es galt, Regeln für die Klassifikation von Äffchen aufzustellen, entwickelte sich ein Wettbewerb darum, das beste Klassifikationsmodell zu erstellen. Zudem wurde rege diskutiert, wie fair ein derartiges Klassifikationsmodell sein kann. Auch Schülerinnen und Schüler, die dem Konzept „Informatik ohne Computer“ am Anfang skeptisch gegenüber standen, konnten durch die Aktivitäten sehr gut motiviert werden und zeigten anschließend großes Interesse am Thema. Im Rahmen der anschließenden Dekontextualisierung

³⁷<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

war bei den Schülerinnen und Schülern ein deutlicher Erkenntniszuwachs feststellbar: Nach der Durchführung waren die Schülerinnen und Schüler in der Lage, den Begriff des maschinellen Lernens zu erläutern und konnten auf dieser Basis zudem gesellschaftliche Implikationen künstlicher Intelligenz diskutieren.

9.5 Verstärkendes Lernen in Snap!

Verstärkendes Lernen wird u. a. für verschiedene Optimierungs- oder Steuerungsaufgaben eingesetzt. So konnten verstärkende Lernverfahren beispielsweise erfolgreich zur Reduktion des Energieverbrauchs von Klimaanlage eingesetzt werden (*Valladares et al., 2019*). Auch eines der bekanntesten jüngsten Beispiele für künstliche Intelligenz, AlphaGo, das erstmalig das chinesische Spiel Go meisterte, nutzte Verfahren des verstärkenden Lernens (*Holcomb et al., 2018*).

Auch die grundlegende Idee verstärkenden Lernens ist damit wesentlich, um verschiedene Systeme und Phänomene der KI zu verstehen. Bei verstärkendem Lernen hat der Agent zu Beginn keine Information darüber, welche Aktion in welcher Situation bestenfalls gewählt werden sollte. Stattdessen wird der Agent an bestimmten Zeitpunkten belohnt oder bestraft. Auf Basis dieser Rückmeldungen kann er mit zunächst zufällig gewählten Aktionen so eine Strategie bzw. Aktionsfolge erlernen, indem er nach maximaler Belohnung strebt. In einem vierstufigen Prozess erfasst der Agent zunächst die relevanten Aspekte seiner Umwelt, führt innerhalb dieser Umwelt Aktionen aus, wird nach im Voraus festgelegten Regeln belohnt oder bestraft und aktualisiert daraufhin seine Strategie: belohntes Verhalten wird nun häufiger gezeigt, bestrafte Verhalten seltener.

Unplugged-Aktivitäten stellen meist einen ersten Zugang zum Thema dar. Ziel des Informatikunterrichts ist es aber auch, Lernenden zu ermöglichen, diese Welt bzw. KI-Artefakte aktiv zu gestalten. Dafür kann (z. B. aufbauend auf Unplugged-Aktivitäten) ein werkzeugbasierter Ansatz helfen, die zugrunde liegende Idee (vgl. auch Abb. 9.3) verständlich zu machen und gleichzeitig aktives Gestalten zu ermöglichen. Bei entsprechender Vorerfahrung ist es unter Nutzung des Werkzeugs möglich, aktiv zu experimentieren und die Auswirkung verschiedener Arten, wie Belohnung und Bestrafung vergeben werden, direkt zu beobachten. Wie aus Abschnitt 9.2.2 hervorgeht, nutzen allerdings viele existierende Ansätze, in denen KI-Systeme implementiert bzw. in Projekten genutzt werden, externe Webdienste für maschinelles Lernen. Damit ist es den Lernenden nur schwer möglich, Einblick in die Funktionsweise zu erhalten, den Algorithmus nachzuvollziehen oder gar zu modifizieren. Im Gegensatz dazu zielt der hier beschriebene Ansatz *SnAIp* (eine Kombination der Begriffe Snap! und AI (artificial intelligence)) darauf ab, tatsächlich einen Blick in die Blackbox zu erlauben. Die zugehörigen Gestaltungsprinzipien orientieren sich an den

Limitationen bestehender Ansätze sowie an den Prinzipien des Konstruktivismus (*Papert und Harel, 1991*):

- **Hinter die Kulissen blicken:** Anstatt nur auf Softwarebibliotheken zurückzugreifen oder Webdienste aufzurufen, sollten Lernende in der Lage sein, in die Blackbox zu schauen und bis zu einem gewissen Grad sogar Anpassungen an den ML-Algorithmen vorzunehmen. Dementsprechend sollten alle Funktionalitäten innerhalb des Werkzeugs verfügbar sein.
- **Projekte sollten keine reinen Lernprojekte darstellen:** Einer zentralen Idee des Konstruktivismus folgend (*Papert und Harel, 1991*) sollten Lernende die Möglichkeit haben, ihre eigenen, persönlich sinnvollen Projekte zu erstellen und diese durch ML zu bereichern. Dies steht im Gegensatz zu „Lernprojekten“, bei denen oft künstliche Probleme und Beispiele gewählt werden, weil sie sich zur Darstellung des intendierten Konzepts besonders eignen.
- **Gelernte Modelle sind selbst Artefakte:** Blockbasierte Umgebungen, die der bzw. dem Lernenden das Untersuchen und lokale Speichern von Variablen erlauben, können Modelle im Sinne des Konstruktivismus noch konkreter fassbar machen. Daraus ergeben sich zudem neue didaktische Möglichkeiten z. B. ein Wettbewerb für Schülerinnen und Schüler, in dem diese ihre Modelle vergleichen, diskutieren und so voneinander lernen.

Das hier beschriebene Konzept ist für den Schuleinsatz ab der neunten Jahrgangsstufe gedacht und wurde mit Schülerinnen und Schülern der zehnten Jahrgangsstufe und in diversen Lehrkräftefortbildungen durchgeführt. Es besteht aus zwei Komponenten, die getrennt ausgeführt werden: Zunächst wird die Realisierung des Frameworks innerhalb von Snap! beschrieben, ehe das zugehörige Curriculum dargestellt wird, das auch eine Unplugged-Aktivität mit einbezieht.

9.5.1 Beschreibung

Im Folgenden soll nun das anhand der oben formulierten Gestaltungsprinzipien entwickelte Framework zu verstärkendem Lernen in Snap! beschrieben werden.

Für die Umsetzung stellt sich zunächst die Frage, welcher Kontext für einen solchen Ansatz gewählt werden sollte. Dazu gilt es, einen Blick auf typische Projekte von Lernenden zu werfen: Hier zeigt sich, dass gerade Spiele ein gängiges Szenario bei der Nutzung blockbasierter Sprachen darstellen (*Wilson, Hainey und Connolly, 2013*). Gleichzeitig sind klassische Videospiele („Arcade-Games“) ein beliebtes Szenario, um neue Algorithmen im Bereich des verstärkenden Lernens zu entwickeln (vgl. *Cobo et al. (2011) und Brockman et al.*

(2016)). Daher scheint die Vermittlung der Prinzipien von verstärkendem Lernen anhand von Spielen in Snap! vielversprechend.

Zudem gilt es, einen konkreten Algorithmus zu wählen, der zum einen nachvollziehbar für Lernende ist und zum anderen mit den in Snap! zur Verfügung stehenden Ressourcen umgesetzt werden kann. Das Konzept zu verstärkendem Lernen in *SnAlp* nutzt dazu den sogenannten Q-Learning Algorithmus (Watkins und Dayan, 1992) (manchmal auch Q-Table-Learning), wobei das Q für Qualität steht. Dieser Algorithmus verwaltet eine Q-Tabelle. Die Q-Werte dieser Tabelle geben die Qualität einer Aktion in einem gewissen Zustand bzw. die zu erwartende Belohnung für die Ausführung einer Aktion in einem Zustand an. Aufgrund der Belohnung bzw. Bestrafung für bestimmte Aktionen in bestimmten Zuständen „lernt“ der Agent gewisse Verhaltensmuster. Ziel des Agenten ist es dabei stets, seine Belohnung zu maximieren. Während eine Belohnung den Agenten dazu verleitet, Verhalten häufiger zu zeigen, führt eine Bestrafung dazu, dass dieses Verhalten von nun an seltener gezeigt wird. Dementsprechend führt das Erhalten einer Belohnung oder Bestrafung zu einer Anpassung des entsprechenden Q-Werts in der Tabelle. Die während der Trainingsphase durch Exploration approximierten Q-Werte können später (ähnlich wie der Entscheidungsbaum in der Unplugged-Aktivität) als Entscheidungsregel herangezogen werden. Die Wahl fiel auf Q-Learning, da dieser Algorithmus – insbesondere bei kleinen Problemräumen – vergleichsweise schnelles Training verspricht: je nach gewählter Zustandsbeschreibung können Effekte in weniger als drei Minuten sichtbar werden. Da Zeit im Unterricht oft eine entscheidende Ressource ist, scheint Q-Table-Learning hier besonders geeignet zu sein. Darüber hinaus ist dieses Verfahren durch seine Tabelle (in der die Zustände und Q-Werte für die jeweiligen Aktionen gespeichert sind) nicht nur leicht verständlich und gut visualisierbar, sondern kann von den Lernenden auch selbst – ohne große mathematische oder informatische Vorkenntnisse in diesem Bereich – implementiert werden.

Ein Agent kann somit relativ einfach in *SnAlp* realisiert werden. Dazu wird die *Lernschleife* im entsprechenden Objekt implementiert (eine Beispielimplementierung, bei der ein Agent über rollende Fässer springt, findet sich in Abbildung 9.6, ein Screenshot des Spiels in Abbildung 9.11). Bevor die Lernschleife initiiert werden kann, wird mit dem ersten Block (dargestellt in Abbildung 9.7) zunächst ein Modell angelegt, das aus der Q-Tabelle (in Snap! realisiert als Liste von Listen, die zunächst leer ist) und den Parametern *Lernrate*³⁸, *Discountfaktor*³⁹, einer *Explorationsrate*⁴⁰ und der Liste der möglichen Aktionen, die der Agent durchführen kann, besteht. Diese Parameter sind bewusst durch die Lernenden beeinflussbar, um Einflüsse auf den Lernprozess analysieren zu können. Auch die Q-Tabelle

³⁸Mithilfe der Lernrate wird kontrolliert wie schnell neues Verhalten gelernt wird.

³⁹Der Discountfaktor oder auch Diskontierungsfaktor gibt an, wie stark in Zukunft zu erwartende Belohnungen in die Bewertung eines Zustand-Aktion-Paares einfließen.

⁴⁰Die Explorationsrate bestimmt, wie wahrscheinlich neues Verhalten exploriert wird.

kann angezeigt, während des Trainings beobachtet und sogar live modifiziert werden. Lernende können so auch während des Trainings hinter die Kulissen blicken, ohne den Code inspizieren zu müssen.

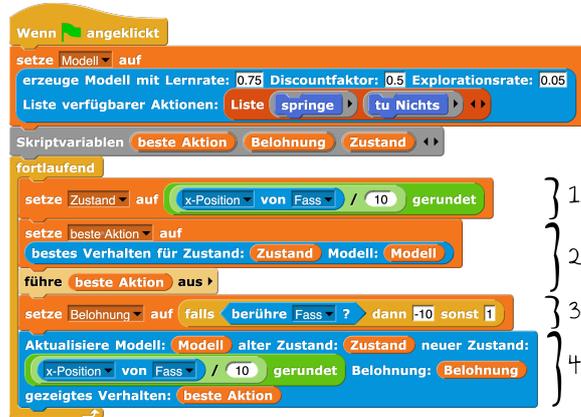


Abbildung 9.6: Beispielskript für den Agenten.

Danach folgt der Agent der zuvor spezifizierten Lernschleife: In Schritt 1 wird der aktuelle Zustand ermittelt, im Beispiel die Position des Fasses (alternativ der Abstand des Agenten zum Fass). Je nach gewähltem Beispiel gilt es für die Lernenden hier zwischen verschiedenen Möglichkeiten abzuwägen. Als Nächstes wird der Block verwendet, der die beste Aktion ermittelt, und es werden die Q-Werte für den aktuellen Zustand aus dem Modell abgerufen. Mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (Explorationsrate) wird neues Verhalten exploriert und folglich eine zufällige Aktion ausgeführt, d. h. es wird ein zufälliges Element aus der Liste der verfügbaren Aktionen zurückgegeben. In allen anderen Fällen wird der Index des höchsten Wertes in der Zeile gesucht. Dieser Eintrag markiert die am positivsten bewertete Aktion für diesen Zustand. Sind alle Werte identisch oder ist das Maximum 0, wählt der Algorithmus wieder zufällig eine Aktion.

Im dritten Schritt erfolgt die Berechnung der Belohnung basierend auf den Auswirkungen der gewählten Aktion, wobei Lernende mit verschiedenen Arten der Belohnung und Bestrafung experimentieren und deren Auswirkung beobachten können. Erst danach findet das



Abbildung 9.7: Implementierung der Modellerstellung

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

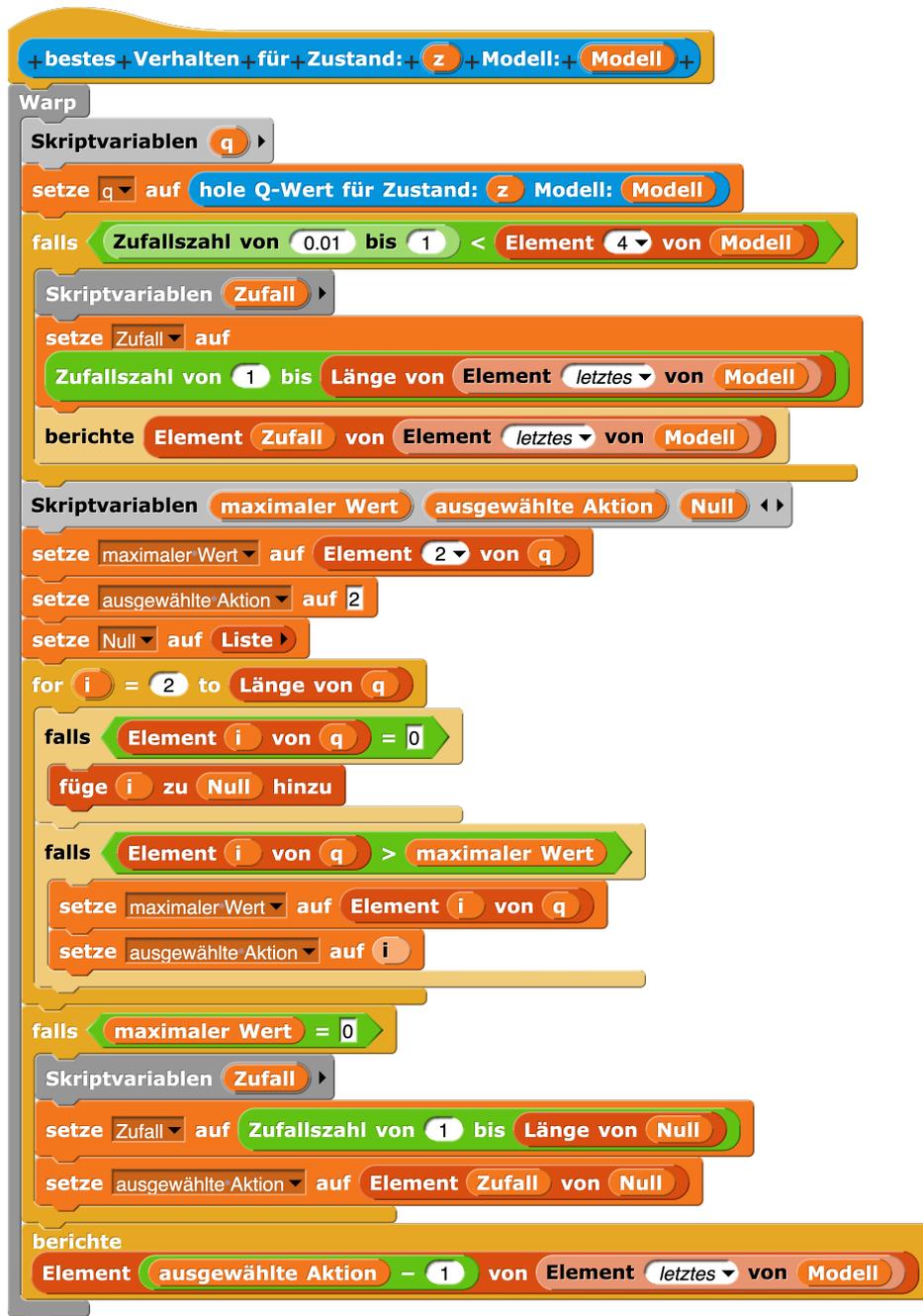


Abbildung 9.8: Implementierung des Blocks, der die beste Aktion ermittelt

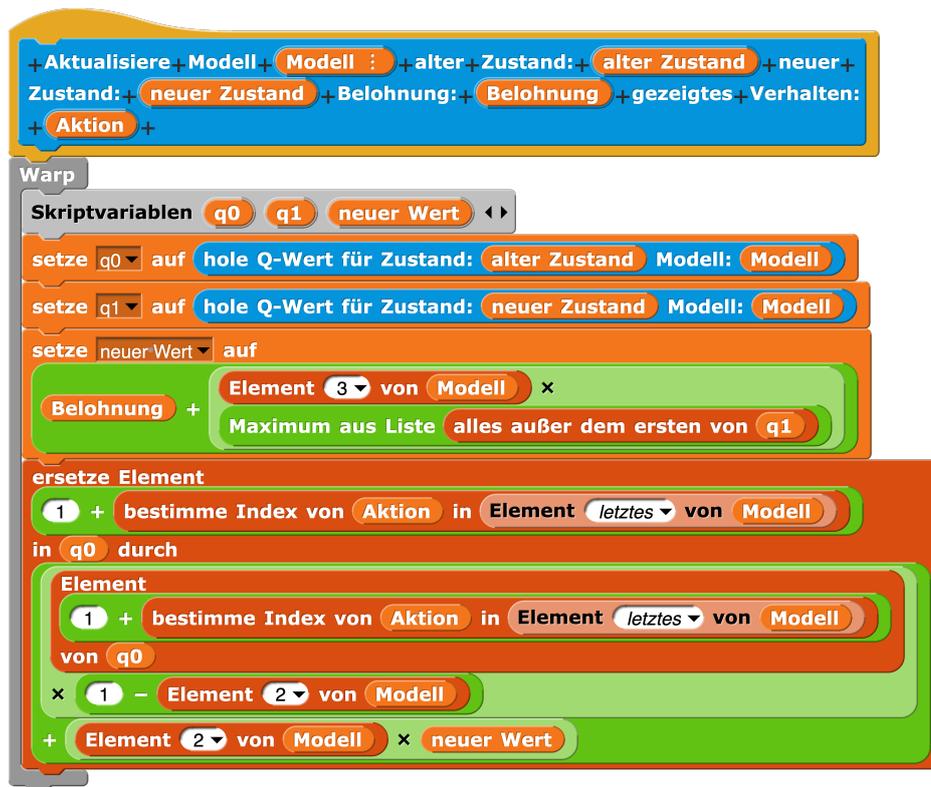


Abbildung 9.9: Implementierung der Aktualisierung der Q-Tabelle

eigentliche Lernen statt: der „Aktualisiere Modell“-Block aktualisiert die Q-Tabelle, indem er den entsprechenden Q-Wert für den vergangenen Zustand auf Basis der erhaltenen und der in Zukunft zu erwartenden Belohnung aktualisiert. Für zukünftige Situationen bedeutet dies, dass der Agent mit größerer Wahrscheinlichkeit das positiv verstärkte Verhalten (und mit geringerer Wahrscheinlichkeit das bestrafte bzw. negativ verstärkte Verhalten) zeigen wird (siehe Abbildung 9.9).

Gemäß der Gestaltungsprinzipien wird das gesamte Verhalten in Blöcken innerhalb von Snap! spezifiziert. Es wird kein externer JavaScript-Code ausgeführt und es erfolgen auch keine Serveraufrufe. Allerdings hat dieser Ansatz auch Grenzen: Die Geschwindigkeit, mit der der Agent das gewünschte Verhalten lernt, hängt von der Anzahl der möglichen (unterschiedlichen) Zustände ab. Wenn die Anzahl der Zustände zu hoch ist und nicht sinnvoll begrenzt werden kann, weil das Beispiel zu komplex ist, ist das Beispiel kaum für den Unterricht geeignet – der Lernprozess in Snap! würde für eine einzelne Unterrichtsphase einfach zu lange dauern.

Die Nutzung dieses Konzepts erlaubt es, die zugrunde liegende Idee des verstärkenden Lernens zu thematisieren. Zentral ist, dass Lernende sich Gedanken darüber machen, wie sie die Umwelt des Agenten beschreiben und wie sie ihn belohnen bzw. bestrafen. Durch die Verwendung der Tabelle wird deutlich, dass ein Lernen in der Anpassung von Zellen dieser Tabelle resultiert, die einer Aktion in einem bestimmten Zustand einen Wert zuweisen. Das Konzept setzt ferner die eingangs formulierten Gestaltungsprinzipien um. So kann durch die konsequente Umsetzung aller Funktionalitäten innerhalb von Snap! jeder Block und jede Variable inspiziert und zu jeder Zeit überwacht werden. Gleichzeitig können Lernende das Projekt eben nicht nur in reinen Lernprojekten umsetzen, sondern insbesondere in Spielen, die Lernende oft als persönliche Projekte bzw. aus intrinsischer Motivation mit blockbasierten Sprachen umsetzen. Dadurch, dass das Gelernte insbesondere in der Tabelle kodiert ist, kann dieses exportiert und auch in andere Projekte importiert werden.

9.5.2 Unterrichtspraktische Umsetzung und Erfahrungen

Das *SnAIp*-Framework kann zwar für sich stehend eingesetzt werden, wurde aber vor allem für den Einsatz im dazugehörigen Curriculum entwickelt. Das Curriculum selbst ist in vier Teile unterteilt.

Was ist verstärkendes Lernen? Für die Einführung von verstärkendem Lernen ohne Computer wird eine auf dem Matchbox-Computer (*Gardner, 1962*) basierende AI-Unplugged-Aktivität verwendet, um initial das zugrunde liegende Konzept und den iterativen Prozess des verstärkenden Lernens herzuleiten⁴¹. Für Online-Lernumgebungen existiert auch eine digitale Version (siehe Abb. 9.10).⁴²

Verstärkendes Lernen in Snap!. Im nächsten Schritt gilt es, einen Äffchenagenten bei seiner Bananenjagd zu unterstützen (siehe Abbildung 9.11). Diese Aufgabe wird mit einer Puzzleaktivität eingeleitet: Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine Vorlage für das Spiel *Bananenjagd*. Es enthält bereits alle relevanten Blöcke für den selbstlernenden Agenten – allerdings nicht in der richtigen Reihenfolge. Aufgabe der Lernenden ist es, diese in die richtige Reihenfolge zu bringen. Anschließend erkunden sie das Programm und beschreiben, wie der Agent lernt.

Pimp my Game. Im nächsten Schritt gilt es, einen selbstlernenden Agenten in ein selbst gestaltetes Spiel zu integrieren. Grundsätzlich kann das Prinzip des verstärkenden Lernens

⁴¹Für eine textuelle Beschreibung, siehe Aktivität 3 unter <https://aiunplugged.org>. ⁴²Eine Online-Version steht zum Ausprobieren unter <https://www.stefanseegerer.de/schlag-das-krokodil/> bereit.



Abbildung 9.10: Virtuelle Version der zu *SnAlp* hinführenden AI-Unplugged Aktivität zu verstärkendem Lernen beim Kinderprogramm auf der Langen Nacht der Wissenschaften 2019.

auf viele andere Spiele angewendet werden. Aufgrund des zeitlichen Rahmens und der beschränkten Rechenleistung, die innerhalb von Snap! zur Verfügung steht, ergeben sich jedoch einige Regeln bzw. Einschränkungen für die Auswahl eines Beispiels. Besonders für den Einsatz im Unterricht eignen sich beispielsweise Spiele wie Breakout, Pong oder Flappy Bird. In diesem Schritt werden zusätzlich *Coding Cards*, die konzeptionell auf den *Scratch Cards* (Rusk, Natalie und weitere Mitarbeiter:innen des Scratch Teams, 2017) basieren, als unterstützendes Material zur Verfügung gestellt (siehe Abbildung 9.13).

Der Blick hinter die Kulissen. Im letzten Schritt wird genauer untersucht, wie das verstärkende Lernen mit Q-Learning auf technischer Ebene umgesetzt wird. Die Schülerinnen und Schüler erhalten den Auftrag, noch einmal die Tabelle anzusehen, die das Gelernte darstellt (siehe Abbildung 9.12). Die Schülerinnen und Schüler beobachten, wie sich die Werte im Laufe der Zeit ändern und untersuchen, wie sich Änderungen an den verschiedenen Parametern auf den Lernprozess auswirken. Diese Phase verdeutlicht noch einmal die Vorteile, die sich aus der Verwendung von Snap! für die gesamte Implementierung ergeben: Jeder Block kann inspiziert, jede Variable überwacht werden.

Das *SnAlp*-Curriculum wurde in mehreren Workshops mit Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern evaluiert. Dabei zeigte sich, dass es im Sinne des Ziels vor allem das Verständnis für verstärkendes Lernen zu fördern, hilfreich ist, alle benötigten Blöcke bereits



Abbildung 9.11: Spielkontext für das Puzzle: Aufgabe des Äffchens ist es, über das anrollende Fass zu springen.

auf der Bühne zu platzieren. Daher geht es im ersten Schritt nach der Unplugged-Aktivität vor allem darum, die Teile des Vorgehens in Snap! richtig zu sortieren. Die Tabelle als Basis des Gelernten wiederum stellte sich als optimal heraus, da die Datenstruktur vergleichsweise einfach zu durchdringen ist und somit auch Lernenden ohne Vorerfahrung zeigt, dass maschinelles Lernen eben kein Hexenwerk ist. Außerdem als hilfreich wurde eine gemeinsame Einführung mit der vierschrittigen Grafik (siehe Abbildung 9.3) bewertet, die den Prozess des verstärkenden Lernens darstellt und die aktivitätsbegleitend in Verbindung mit den *Coding Cards* eingesetzt wurde. Damit konnte das Prinzip auch auf eigene Spiele übertragen werden. Für Lernende ohne jegliche Vorerfahrung bietet es sich dabei jedoch an, sich auf das Puzzle und die Betrachtung der Tabelle zu beschränken.

9.6 Fazit

Für die Vermittlung relevanter Themen digitaler Bildung ist es wichtig, die zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien des Themas herauszustellen und diese als Kern der Materialien, Aktivitäten bzw. Unterrichtskonzepte zu betrachten. Exemplarisch konnte in diesem Abschnitt gezeigt werden, dass dies auch für das als komplex geltende Thema KI möglich ist. Die identifizierten zugrunde liegenden Ideen für unterschiedliche Ansätze des maschinellen Lernens stellen damit die Grundlage sowohl für einen Unplugged-Zugang als auch für eine Vertiefung mit dem Werkzeug *SnAIp* dar.

Mithilfe der Unplugged-Aktivität zu überwachtem Lernen kann das Thema auch an jüngere Lernende oder Lernende, die bisher wenig Erfahrung im Umgang mit Snap! haben, vermittelt werden. Sie hilft außerdem Lehrkräften, die künstlicher Intelligenz als Unter-

	A	B	C
9	-3	0.75	0
10	-16	0.75	0
11	-22	0.9375	1
12	21	0.984375	0
13	8	0	0.999755859
14	7	0	0.984375
15	6	0.984375	0
16	-7	0.9375	-7.5
17	18	0	0.75

Abbildung 9.12: Der direkte Zugriff auf die Q-Tabelle in Snap! ermöglicht eine einfache Exploration des Gelernten.



Abbildung 9.13: Zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler in der Phase *Pimp my Game* wurden *Coding Cards* entwickelt.

9 Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen

richtsthema aufgrund der thematischen Komplexität und der technischen Hürden bei der Einrichtung von Programmbibliotheken usw. bisher kritisch gegenüber standen, das Thema in den schulischen Unterricht zu integrieren.

Der werkzeuggestützte Ansatz hingegen ermöglicht sowohl das Gestalten eigener KI-basierter Artefakte mit verstärkendem Lernen in eigenen Projekten als auch das tatsächliche Nachvollziehen, indem der Lernprozess visualisiert wird und unter verschiedenen Rahmenbedingungen (mit unterschiedlichen Parametern oder Belohnungsfunktionen) beobachtbar bleibt. Da zusätzlich jederzeit alle Blöcke und Variablen inspiziert werden können, erhalten Lernende einen tiefen Einblick in die dahinterstehende Idee und deren mögliche Umsetzung.

Da beide Ansätze sich auf zugrunde liegende Ideen fokussieren, bleiben sie gleichzeitig anschlussfähig für weitergehende Vertiefungen und stellen die Basis dar, um künstliche Intelligenz in der digitalen Welt nicht nur nutzen, sondern auch verstehen und diskutieren zu können. Egal ob die Vermittlung unplugged oder werkzeuggestützt erfolgt, es ist wichtig, dass Lernende die Möglichkeit haben, hinter die Kulissen zu blicken und die zugrunde liegende Idee nachzuvollziehen. Die hier entwickelten Konzepte konnten dabei bereits in verschiedenen Kontexten, etwa regulärem Informatikunterricht, außercurricularen Veranstaltungen, Lehrkräfteworkshops oder Workshops für Erwachsene erprobt werden. Basierend auf diesen Erfahrungen stellen sie tatsächlich eine Möglichkeit dar, die Ideen des maschinellen Lernens *an alle* zu vermitteln.

10 Kollaboration und Versionskontrolle

Im Zuge der digitalen Transformation gilt es aus Sicht informatischer Bildung nicht nur Themen wie künstliche Intelligenz an alle zu vermitteln, sondern auch klassische Kompetenzen zu fördern (vgl. Kapitel 7). Gerade Kollaboration ist hier zentral und wird in der informatischen Bildung insbesondere durch Projekte gefördert. In diesem Kapitel soll dazu ein für alle zugängliches Werkzeug zur Kollaboration in Softwareprojekten entwickelt und dessen Einsatz untersucht werden.

10.1 Motivation und Ausgangslage

Zu den wichtigsten Voraussetzungen, um die Chancen in der digitalen Welt wahrzunehmen bzw. den Herausforderungen zu begegnen, zählen im Privat- wie Berufsleben überfachliche Kompetenzen wie das Zusammenarbeiten mit anderen. Dabei hat Zusammenarbeit in der digitalen Welt stets auch eine technische Komponente, die sich als Kompetenz, „[d]igitale Werkzeuge für die Zusammenarbeit bei der Zusammenführung von Informationen, Daten und Ressourcen nutzen“, etwa in der KMK-Strategie (*Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2016*) findet und auch in den GI-Bildungsstandards Informatik zentral im Prozessbereich *Kommunizieren und Kooperieren* (*Brinda, Fothe et al., 2008*) verankert ist. Gerade der Informatikunterricht kann mit Projekten und Projektmethoden die Basis für den Erwerb der entsprechenden Kompetenzen legen. So ist der Einsatz von Projekten und projektbasiertem Lernen seit jeher eine typische Methode der Informatikdidaktik – gerade im Kontext der Programmierung (*Frey, 1983; Kastl und Romeike, 2015; Brichzin, Kastl und Romeike, 2019*).

Bei der Durchführung von Programmierprojekten besteht eine der immer wiederkehrenden Herausforderungen darin, dass oft unterschiedliche Codeversionen verwaltet werden und Projektgruppen ihre Arbeit am Code koordinieren bzw. den Code zusammenführen müssen. Um effizient zusammenzuarbeiten, verwenden professionelle Softwareentwicklerinnen und Softwareentwickler Versionskontrollsysteme. Diese Systeme unterstützen die Zusammenarbeit, indem sie es Teams ermöglichen, gemeinsam an einem Projekt zu arbeiten und entsprechende Dateien auszutauschen. Dabei helfen sie Entwicklerinnen und Entwicklern, den Überblick über die Entwicklungen zu behalten und eventuell zu alten Versionen zurückzukehren, Änderungen zu verfolgen, Fehler zu beheben oder an eigenen Entwicklungspfaden (Zweige oder Branches) zu arbeiten und schließlich Neuerungen am Projekt beizusteuern.

Der Einsatz eines professionellen Versionskontrollsystems im Unterricht ist grundsätzlich möglich, eignet sich aber nur für textbasierte Programmiersprachen und sorgt für zusätzliche Hürden: Selbst Studierende sind oft durch die hohe Komplexität professioneller Werkzeuge überfordert (*Haaranen und Lehtinen, 2015*). Anstelle von textbasierten Programmiersprachen sind außerdem blockbasierte Sprachen wie Scratch oder Snap! sehr beliebt im Unterricht von Programmieranfängerinnen und -anfängern. Sie ermöglichen es den Lernenden beispielsweise, eigene kreative Programme zu erstellen, ohne sich näher mit der Syntax einer Sprache beschäftigen zu müssen (*Maloney et al., 2004*). Derzeit unterstützen blockbasierte Sprachen die Zusammenarbeit vor allem in einem sequenziellen Sinne, indem sie das *Remixen* von Projekten unterstützen (*Monroy-Hernandez, 2012*). Typische Funktionen eines Versionskontrollsystems fehlen blockbasierten Sprachen bisher jedoch (*Streeter, 2015*).

Die Herausforderung besteht darin, ein System zu schaffen, dass die gängigen Probleme mit professionellen Versionskontrollsystemen vermeidet und gleichzeitig kompatibel zu blockbasierten Sprachen ist, sodass der Fokus auf der eigentlichen Kollaboration liegen kann. Ziel dieses Kapitels ist es daher, ein solches, für alle zugängliches Versionskontrollsystem zur Kollaboration in Softwareprojekten zu gestalten.

Dazu wird eine Betrachtung bestehender professioneller und didaktisch angepasster Versionskontrollsysteme und deren Nutzung im Informatikunterricht durchgeführt, mit dem Ziel, wichtige Konzepte zu identifizieren und diese auf ein Versionskontrollsystem für blockbasierte Sprachen zu übertragen. Anhand einer exemplarischen Implementierung für die blockbasierte Sprache Snap! wird das vorgeschlagene Konzept demonstriert und seine Vorteile aufgezeigt. Weiterhin wird untersucht, wie Lernende die Konzepte eines Versionskontrollsystems intuitiv nutzen und wie sie mit dessen Unterstützung kollaborieren. Entsprechende Erkenntnisse helfen, getroffene Designentscheidungen eines didaktisch adaptierten Versionskontrollsystems abzusichern und bilden die Basis, um Strategien für dessen Einsatz im Unterricht zu entwickeln.

10.2 Hintergrund

In diesem Abschnitt werden zunächst der Begriff der Kollaboration für schulische Programmierprojekte charakterisiert und bisherige wissenschaftliche Erkenntnisse zur Kollaboration im Informatikunterricht zusammengefasst. Anschließend werden grundlegende Funktionsweisen und Eigenschaften von Versionskontrollsystemen identifiziert und bisherige Erfahrungen im Einsatz von Versionskontrollsystem an Schulen und Hochschulen analysiert. Der letzte Abschnitt widmet sich den Besonderheiten blockbasierter Sprachen, die für die Gestaltung eines darauf ausgelegten Versionskontrollsystems zu beachten sind.

Diese Betrachtungen stellen schließlich die Basis für die Entwicklung eines entsprechend didaktisch adaptierten Versionskontrollsystems zur Kollaboration in Programmierprojekten mit blockbasierten Sprachen dar.

10.2.1 Kollaboration in schulischen Programmierprojekten

Roschelle und Teasley (1995) definieren Kollaboration als „mutual engagement of participants in a coordinated effort to solve the problem together“. In diesem Sinne ist Kollaboration ein wichtiger Aspekt digitaler Bildung, aber auch der Arbeit als Informatikerin bzw. Informatiker, insbesondere in Softwareprojekten. Sie schließt die Aufteilung von Aufgaben genauso wie die Kommunikation untereinander ein und fördert so die Motivation wie auch die Verbundenheit zum Projekt (z. B. *Nastasi, Clements und Battista (1990)*).

Kollaboration lässt sich in *synchrone* und *asynchrone* Kollaboration unterscheiden (*Roschelle und Teasley, 1995*). Beide Varianten finden sich in der Informatik wieder, wenn am gleichen Softwareprojekt zusammengearbeitet wird. Bei synchroner Kollaboration wird zur gleichen Zeit an den gleichen Dateien gearbeitet. Bei asynchroner Kollaboration wird die Arbeit hingegen zunächst in verschiedene Aufgabepakete aufgeteilt, dann innerhalb des Teams verteilt und schließlich zusammengeführt.

Typischerweise wird die gemeinsame Arbeit an geteilten Ressourcen in der Informatik durch spezifische Werkzeuge unterstützt. Für die *synchrone* Zusammenarbeit gibt es auch im Bildungskontext viele Werkzeuge (z. B. (*Goldman, Little und Miller, 2011; Boyer et al., 2008*)) – im Bereich blockbasierter Sprachen etwa Netsblox (*Broll und Ledeczi, 2017*) oder Kanto (*Ohshima, Freudenberg und Amelang, 2017*), die eine Remote-Zusammenarbeit in Echtzeit und so eine Art virtuelles Pair-Programming⁴³ ermöglichen. Synchrone Kollaboration, insbesondere Pair-Programming, wurde bereits in vielen Studien näher untersucht (etwa *Brought, Wahls und Eby (2011), Werner und Denning (2009), Mendes, Al-Fakhri und Luxton-Reilly (2005), Ruvalcaba, Werner und Denner (2016), Murphy et al. (2010), Israel et al. (2016)* oder *Rosenbaum (2015)*). Um asynchrone Kollaboration in Softwareprojekten zu fördern, sind hingegen Versionskontrollsysteme im professionellen Umfeld weit verbreitet (*Portillo-Rodriguez et al., 2012*), die auch im Unterricht eingesetzt werden können (*Case, Eloë und Leopold, 2016; Brichzin, Kastl und Romeike, 2019*).

⁴³Pair-Programming beschreibt eine Arbeitstechnik, in der zwei Personen an einem Computer arbeiten. Während die eine Person das Programm schreibt, behält die andere den Gesamtüberblick, durchdenkt die Problemstellung und identifiziert mögliche Probleme (*Brichzin, Kastl und Romeike, 2019*).

10.2.2 Versionskontrollsysteme

Versionskontrollsysteme bieten eine Vielzahl von Funktionen, die kollaboratives Arbeiten unterstützen. Zunächst dokumentieren sie Änderungen, indem sie eine Historie für jede Datei, die unter Versionskontrolle steht, bereitstellen. Jede Änderung kann vom Benutzer durch einen Kommentar beschrieben und zusammengefasst werden (meist als commit-Nachricht bezeichnet). Darüber hinaus bieten Versionskontrollsysteme die Möglichkeit, ältere Versionen wiederherzustellen. Auf diese Weise können unerwünschte oder problematische Änderungen jederzeit rückgängig gemacht werden. Gleichzeitig unterstützen sie die Koordination großer Projekte, indem sie Funktionen zur Konfliktlösung mit mehreren Benutzern, die gleichzeitig an derselben Datei arbeiten, anbieten. Zu diesen Funktionen gehören Sperren, um zu verhindern, dass mehrere Benutzerinnen bzw. Benutzer dieselbe Datei gleichzeitig bearbeiten, das automatische Zusammenführen von zeitgleich durchgeführten Änderungen oder Unterstützung bei manuellen Zusammenführungen, falls erforderlich (Bruno, 2016; Brichzin, Kastl und Romeike, 2019).

Alle Dateien unter Versionskontrolle befinden sich in einem sogenannten Repository. Wenn eine Nutzerin bzw. ein Nutzer neue Dateien zum Repository hinzufügt oder eine alte Datei ändert, *commitet* sie bzw. er seine Änderungen. Jede dieser Übertragungen an das Repository (*Commit*) enthält zusätzlich Informationen (*Awareness-Informationen*), die den Commit beschreiben und in zwei Kategorien unterteilt werden können. *Implizite Awareness-Informationen* umfassen vorgenommene Änderungen, Uhrzeit und Datum der Änderungen, Revisionsnummern oder Nutzernamen. Diese Informationen werden automatisch generiert. Auf der anderen Seite gibt es *explizite Awareness-Informationen*, die von der Nutzerin bzw. dem Nutzer explizit angegeben werden müssen. Ein Beispiel ist die Commit-Nachricht, in der vorgenommene Änderungen beschrieben werden (Fisker et al., 2008). Wenn niemand sonst zwischen dem aktuellen und dem letzten Commit eine Datei geändert hat, führt dies zu einer neuen Version, auch bekannt als Revision des Projekts, ohne dass zusätzlich eine manuelle Aktion erforderlich ist. Falls eine andere Person zwischendurch Änderungen an Dateien vorgenommen hat, diese aber nicht im Widerspruch zu den aktuellen Änderungen stehen, werden diese Änderungen üblicherweise automatisch zusammengeführt (*gemerged*). Falls es zu einem Konflikt kommt, etwa weil die gleiche Quelltextzeile von mehr als einer Person geändert wurde, muss er manuell aufgelöst werden, indem die Version ausgewählt wird, die in der neuen Revision enthalten sein soll. Änderungen zwischen Revisionen (hinzugefügt durch Commits) können eingesehen werden. Auch alte Revisionen können jederzeit betrachtet oder wieder aufgerufen werden. Darüber hinaus bieten moderne Versionskontrollsysteme die Möglichkeit der Verzweigung (Branching). Ein Zweig (Branch) ist ein alternativer Pfad ab einer bestimmten Revision, der es erlaubt, Änderungen parallel durchzuführen. Zweige werden für die Entwicklung neuer Features oder Experimente genutzt, ohne das aktuelle Produkt bzw. den Stand des Projekts zu beeinflussen. Ein Zweig

kann später wieder in den Hauptzweig (Master- oder Mainbranch) eingebunden werden, z. B. wenn die neue Funktion vollständig implementiert und getestet ist.

Versionskontrollsysteme können in zentralisierte Systeme (wie beispielsweise *SVN*⁴⁴) und dezentrale bzw. verteilte Systeme (wie *Git*⁴⁵ oder *Mercurial*⁴⁶) unterteilt werden. In zentralisierten Systemen wird das Repository auf einem Remote-Server verfügbar gehalten, auf den jedes Teammitglied Zugriff hat. Möchte eine Nutzerin bzw. ein Nutzer Änderungen vornehmen, wird zunächst die neueste Version vom Server heruntergeladen. Da Commits sofort an den Remote-Server übertragen werden, müssen alle aktuellen Änderungen zusammengeführt und Konflikte vor der Übertragung gelöst werden. Im Gegensatz dazu speichern verteilte Systeme die gesamte Projekthistorie lokal auf jedem Computer, aber auch auf einem Remote-Server. Daher wird jeder Commit zunächst lokal registriert. Um Änderungen via Commit auch anderen Personen zur Verfügung zu stellen, müssen sie auf einen Server verschoben werden. Von dort aus können sie von jedem Beteiligten abgerufen werden, sodass sie auch dort lokal verfügbar sind. Auf diese Weise sind Zusammenführungen (Merges) und Konfliktlösung nicht zum Zeitpunkt des Commits notwendig, sondern bei der Interaktion mit dem Server (Push und Pull). In der Praxis werden heute vor allem dezentrale Versionskontrollsysteme eingesetzt. Einer ihrer Hauptvorteile ist die Möglichkeit jeder Benutzerin bzw. jedes Benutzers gleichermaßen lokal und bei Bedarf offline Änderungen durchzuführen oder rückgängig zu machen, das einfache Erstellen von Verzweigungen (Branching) und Zusammenführen (Merging) sowie die Unabhängigkeit von nur einem Ort, an dem alles gespeichert ist (*Somasundaram, 2013*).

Zusammenfassend lassen sich damit folgende zentrale Konzepte eines Versionskontrollsystems festhalten:

- **Projekthistorie:** Durch Versionierung und Awareness-Informationen wie Zeitstempel oder Commit-Nachrichten entsteht eine nachvollziehbare Projekthistorie.
- **Committen:** Änderungen am Projekt werden durch einen Commit in das Versionskontrollsystem eingebracht.
- **Verzweigen:** Das Verzweigen (Branching) erzeugt einen alternativen Pfad, sodass Änderungen parallel durchgeführt werden können. Ein Zweig kann verwendet werden, um neue Funktionen zu entwickeln oder Fehler zu beheben, ohne den aktuellen Stand des Projekts zu beeinflussen.
- **Zusammenführen:** Versionskontrollsysteme vereinfachen das Zusammenführen (Merging) von Änderungen, indem Versionen soweit möglich automatisch zusammengeführt werden und nur Konflikte manuell gelöst werden müssen.

⁴⁴Details siehe <https://subversion.apache.org/>.

⁴⁵Details siehe <https://git-scm.com/>.

⁴⁶Details siehe <https://www.mercurial-scm.org/>.

- **Datensicherung:** Alle Dateien unter Versionskontrolle werden gesichert und ermöglichen so die Rückkehr zu jeder (älteren) Version. Das unterstützt risikofreies Ausprobieren (Tinkering).

10.2.3 Versionskontrollsysteme in Lehre und Unterricht

Versionskontrollsysteme werden sowohl in Schulen als auch an Universitäten zu Lehrzwecken eingesetzt. Gerade in Universitäten werden Versionskontrollsysteme häufig genutzt. Typische Anwendungsfälle sind dort die Bereitstellung von Kursmaterial oder die Abgabeverwaltung von Hausaufgaben. Die Vorteile des Einsatzes von Versionskontrollsystemen, die sich in der Literatur finden, lassen sich in organisatorische und pädagogische Vorteile unterteilen. Zu den organisatorischen Vorteilen zählen die Möglichkeit, einfach Arbeitsaufträge bereitzustellen und Feedback zu geben, die Möglichkeit, Codeskelette⁴⁷ zur Verfügung zu stellen, Änderungen rückgängig zu machen, aus der Ferne zu arbeiten und Zeitstempel für Einreichungen zu haben (*Lawrance, Jung und Wiseman, 2013*). Zu den pädagogischen Vorteilen zählen die einfachere örtlich und zeitlich verteilte Zusammenarbeit, die Möglichkeit, individuelle Beiträge der Schülerinnen und Schüler zu bewerten, die Sichtbarkeit des Entwicklungsprozesses für die Lehrkraft, die erleichterte Wiederaufnahme der Arbeit an einem älteren Projektstand und die durch Back-ups garantierte Datensicherheit (vgl. *Reid und Wilson (2005), Lawrance, Jung und Wiseman (2013), Glassy (2006) und Brichzin, Kastl und Romeike (2019)*). Insgesamt wird berichtet, dass Versionskontrollsysteme von Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräften gleichermaßen als nützlich angesehen werden (*Isomöttönen und Cochez, 2014*).

Brichzin und Rau (2015) geben einen Überblick über typische Probleme, die durch den Einsatz eines Versionskontrollsystems im Schulkontext gelöst werden können. Ein Problem ist die Namensgebung und Versionierungspraxis der Schülerinnen und Schüler, die oft Dateinamen wie „Spiel“, „Spiel_2“, „Spiel (Kopie)“, „Spiel (Arbeit)“ verwenden. Dies erschwert das Identifizieren des aktuellen Projektstandes und stellt ein Hindernis für die Zusammenarbeit dar, insbesondere dann, wenn nach Feiertagen oder einer längeren Pause weitergearbeitet werden soll. Wenn die Schülerinnen und Schüler keine Sicherungskopien des aktuellen oder früheren Projektstandes erstellen, besteht zudem die Gefahr, dass die Arbeit von bis zu mehreren Wochen versehentlich gelöscht wird. Das nächste von *Brichzin und Rau* beschriebene Problem, das mit Versionskontrollsystemen im Schulkontext gelöst werden kann, ist das regelmäßige Zusammenführen von Teilprogrammen in einem größeren Projekt, egal ob es sich um ein agiles Projekt mit Iterationen oder ein traditionelles, am Wasserfallmodell ausgerichtetes Projekt handelt. Der Einsatz eines Versionskontrollsystems

⁴⁷Mit Codeskeletten sind hier Vorlagen gemeint, in denen ein gewisser Teil des Programms bereits vorgegeben ist (etwa Methodensignaturen), der aber von den Lernenden noch ergänzt werden soll.

erleichtert nicht nur das regelmäßige Zusammenführen von Teilergebnissen, es hilft so auch indirekt, Schnittstellenprobleme in einem frühen Stadium des Projekts zu erkennen und entsprechend zu beheben. Ein weiteres typisches Problem im schulischen Kontext ist, dass ein ganzes Team blockiert wird, weil eine Schülerin bzw. ein Schüler den aktuellen Code zu Hause vergessen hat oder das Team keinen Zugriff auf sein oder ihr Konto hat, während die entsprechende Person krank ist. Außerdem können Schülerinnen und Schüler zu Hause nicht mehr am eigenen Projekt weiterarbeiten, da der Code auf einem Computer in der Schule gespeichert ist. Diese typischen Probleme aus dem Schulkontext lassen sich durch den Einsatz eines Versionskontrollsystems lösen.

Die Einführung eines professionellen Versionskontrollsystems ist jedoch mit einem hohen Aufwand verbunden. Außerdem wird im Zusammenhang mit Versionskontrollsystemen auch von Problemen berichtet, die in einem didaktisch adaptierten Versionskontrollsystem adressiert werden sollten. So gelten professionelle Versionskontrollsysteme insgesamt als schwer erlernbar (*Isomöttönen und Cochez, 2014; Haaranen und Lehtinen, 2015*). Ein beschriebenes Problem ist, dass Lernende – vor allem zu Beginn – zu nicht-iterativen Workflows mit langen Phasen ohne Commit neigen (*Glassy, 2006*). Auch beschädigten Lernende manchmal Repositorys, sodass die Tutorinnen und Tutoren bzw. Lehrkräfte diese reparieren mussten, oder nutzten Funktionen falsch, z. B. wiederholte Checkouts anstelle von Updates in SVN (*Reid und Wilson, 2005*). Aus Sicht der Lernenden gehören Konflikte und deren Lösung zu den komplexesten und schwierigsten Aufgaben bei der Verwendung eines Versionskontrollsystems (*Isomöttönen und Cochez, 2014*). Außerdem hatten Lernende mehr Probleme, wenn sie in zentralisierten Repositorys arbeiteten, anstatt in eigenen Branches mit anschließender Zusammenführung der Teilergebnisse (*Lawrance, Jung und Wiseman, 2013*). Ein weiteres Problem ist, dass neben den Lernenden auch Lehrkräfte erhebliche Kompetenzen benötigen, um Versionskontrollsysteme erfolgreich einzusetzen: Lehrkräfte müssen Repositorys einrichten, konfigurieren oder die Lernenden bei der Reparatur defekter Repositorys unterstützen können. Auch die Schülerinnen und Schüler müssen ein Verständnis für die Funktionalität von Versionskontrollsystemen entwickeln und sich mit den jeweiligen Befehlen und Anweisungen vertraut machen. Die Komplexität dieser Aufgabe stellt allerdings auch für Berufseinsteigerinnen und -einsteiger sowie Masterstudierende ein Problem dar.

Für Lernende werden daher in didaktische Entwicklungsumgebungen integrierte Versionskontrollsysteme empfohlen (*Brichzin, Kastl und Romeike, 2019*), wie die von *Fisker et al. (2008)* entwickelte, vereinfachte SVN- und Git-Integration für die Entwicklungsumgebung *BlueJ*. Ein Gestaltungsprinzip dieser Integration war dabei die Bereitstellung von Zusatzinformationen (Awareness-Informationen). Dies ist wichtig für die Gruppenarbeit und um den Projektfortschritt verfolgen zu können. Ein weiterer ausdrücklicher Schwerpunkt lag auf der Einfachheit durch Reduzierung des Overheads: Dateien müssen nicht mehr manuell der Versionskontrolle hinzugefügt werden und viele der leistungsfähigen, aber nicht unbedingt notwendigen Funktionen (wie Branching, Tagging oder Revert) von SVN

bzw. *Git* sind über die *BlueJ* Entwicklungsumgebung nicht verfügbar, um einen einfachen Zugang zu gewährleisten. Das Gleiche gilt für die grafische Benutzeroberfläche, die einfach überblick- und bedienbar gehalten wird. Auch Funktionalitäten wie Commit oder Update werden übersichtlicher gestaltet, nutzen aber dennoch die Standard-Terminologie (z. B. „Update aus Repository“).

Manche blockbasierten Anwendungen wie Kanto, Blockly oder Netsblox ermöglichen es bereits mehreren Schülerinnen und Schülern aus der Ferne an einem Projekt zusammenzuarbeiten (vgl. z. B. *Broll, Lédeczi et al. (2017) und Ohshima, Freudenberg und Amelang (2017)*). Allerdings fehlen ihnen wesentliche Funktionen, die Versionskontrollsysteme üblicherweise bieten, wie eine Versionshistorie, Branching oder Commits, die für asynchrone Kollaboration wesentlich sind.

10.3 Konzeption eines Versionskontrollsystems für blockbasierte Sprachen

Im Folgenden wird das Konzept des Versionskontrollsystems beschrieben und werden Designentscheidungen begründet. Die verwendeten Bilder entstammen einer konkreten Implementierung für Snap! und dienen der Veranschaulichung der Konzepte. Im Anschluss wird diese beispielhafte Umsetzung mit dem Namen Smerge vorgestellt.

10.3.1 Anforderungen und Umsetzung

Zunächst sollte ein Versionskontrollsystem für blockbasierte Sprachen im Sinne der einfachen Bedienbarkeit webbasiert sein, also von einem Webserver ausgeliefert werden. Dementsprechend kann es als Sonderfall eines zentralen Versionskontrollsystems klassifiziert werden: Es gibt nur einen Projektstatus, der zentral auf einem Server gespeichert ist.

Auch die Einrichtung eines Projekts sollte kein spezielles Wissen erfordern. Um ein Projekt zu erstellen (siehe Abbildung 10.2), können Benutzerinnen bzw. Benutzer daher entweder ein leeres Projekt verwenden oder eigene Vorlagen hochladen (z. B. mit vordefinierten Blöcken oder Sprites). Zudem ist es möglich, später zusätzliche Dateien hochzuladen. Da das Versionskontrollsystem im Browser läuft, ist es nicht erforderlich, einen eigenen Server einzurichten, um das Versionskontrollsystem zu nutzen oder bestehende Dienste zu konfigurieren. Stattdessen kann auf eine an anderer Stelle betriebene Instanz zurückgegriffen werden. Dies ermöglicht es Lehrkräften, ein solches Versionskontrollsystem ohne spezifische Kenntnisse flexibel einzusetzen.

10.3 Konzeption eines Versionskontrollsystems für blockbasierte Sprachen

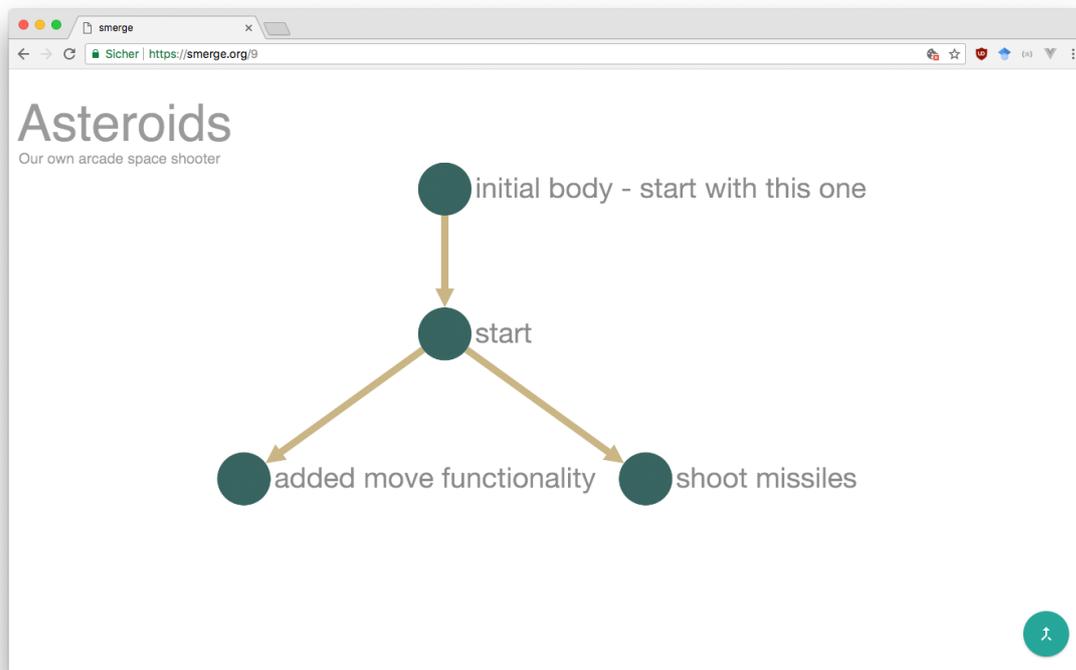


Abbildung 10.1: Graphische Visualisierung eines Projekts

Innerhalb eines Projekts sollte dessen Status stets schnell über eine grafische Visualisierung ersichtlich sein. Ein Projekt wird daher durch ein Diagramm ähnlich einem *Git*-Baum dargestellt, wobei ein Knoten einer Revision in einem Versionskontrollsystem entspricht (siehe Abbildung 10.1).

Ein Doppelklick auf einen Knoten im Graph öffnet die jeweilige Revision direkt im entsprechenden Programmiersystem (z. B. Snap!). Dabei wird eine zusätzliche Schaltfläche in das Menü des Programmiersystems eingefügt. Durch Anklicken dieser Schaltfläche wird jede von der Benutzerin bzw. dem Benutzer vorgenommene Änderung direkt ins Versionskontrollsystem übernommen. Indem ein Commit mit nur einem Befehl direkt aus der Benutzeroberfläche heraus möglich ist, wird dem beschriebenen Problem der wenigen Commits während langer Arbeitszeiten entgegengewirkt. Im Falle eines Commits wird die Benutzerin bzw. der Benutzer aufgefordert, eine Zusammenfassung des Commits einzugeben. Zusätzliche implizite Informationen (Awareness Informationen) wie Zeitstempel, Anzahl der hinzugefügten und entfernten Sprites oder Skripte sowie die Gesamtzahl der Sprites oder Skripte werden für jeden Knoten bereitgestellt. Diese erleichtern es anderen Gruppenmitgliedern, Änderungen im Projekt nachzuverfolgen. Das Zurücksetzen auf ei-

10 Kollaboration und Versionskontrolle

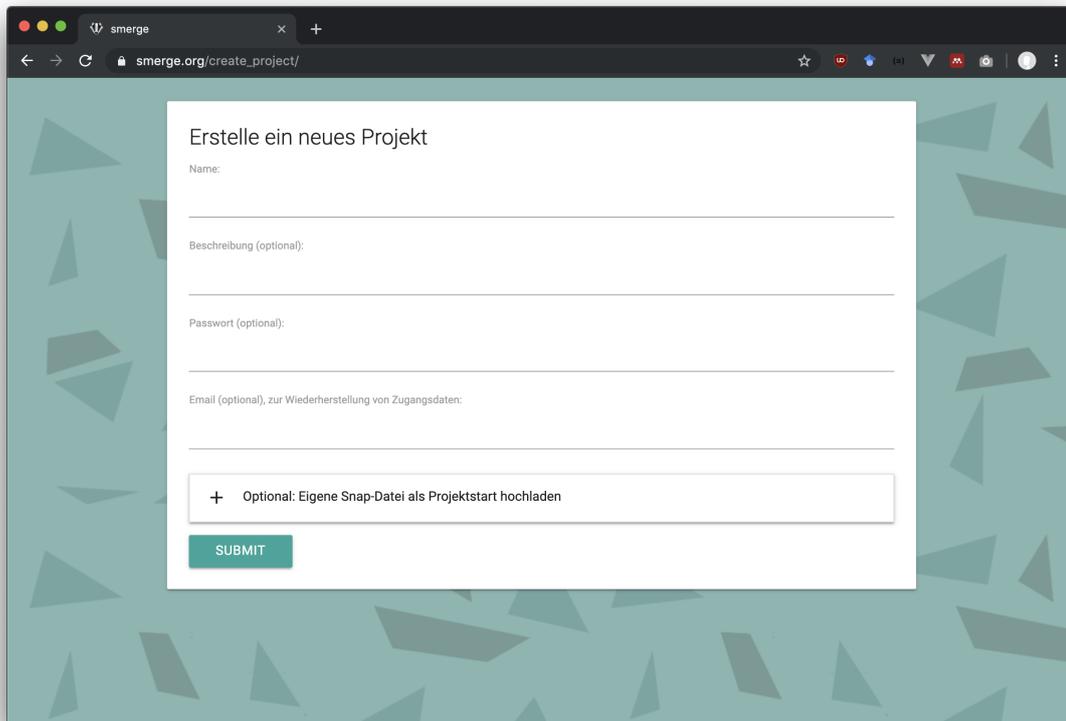


Abbildung 10.2: Erstellen eines Projekts

ne alte Revision erfolgt einfach, indem der jeweilige Knoten geöffnet und die Arbeit am Projekt von dort fortgesetzt wird.

Außerdem sollte die Anzahl der Funktionalitäten reduziert und es sollten unnötige Einstellungsmöglichkeiten entfernt werden (vgl. auch *Fisker et al. (2008)*). So arbeitet jede bzw. jeder Lernende immer in einem eigenen Zweig (Branch), was eher bei verteilten Versionskontrollsystemen verbreitet ist. Das bedeutet, wenn eine Benutzerin bzw. ein Benutzer mit der Bearbeitung einer Revision beginnt, startet sie oder er implizit einen eigenen Zweig (Branch). Wenn zwei oder mehr Personen an derselben Revision arbeiten, wird automatisch ein eigener Zweig (Branch) für jede Person angelegt. Daher können Änderungen an derselben Revision nicht direkt zu einem Konflikt führen. Dies bedeutet auch, dass es keinen expliziten Master bzw. Mainbranch gibt. Damit wird der von Lawrance beschriebenen Erfahrung Rechnung getragen, dass weniger Probleme auftraten, wenn Lernende für jede Teilaufgabe einen eigenen Branch verwendeten (*Lawrance, Jung und Wiseman, 2013*).

10.3 Konzeption eines Versionskontrollsystems für blockbasierte Sprachen

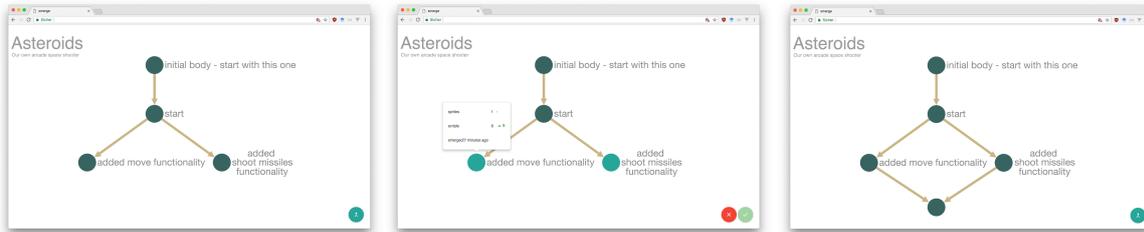


Abbildung 10.3: Merge Prozess

Das Zusammenführen (Mergen) mehrerer Revisionen wird durch die Auswahl mehrerer Knoten eingeleitet. Wird die Auswahl bestätigt, kommt es zum Merge (siehe Abbildung 10.3). Solange es keinen Konflikt gibt, werden Änderungen automatisch zusammengeführt – ähnlich wie bei einem professionellen Versionskontrollsystem. Dies ist der Fall, wenn ein Sprite oder Skript nicht geändert wurde oder nur eine Person Änderungen vorgenommen hat. Die aktuellere Version wird durch die Bestimmung des gemeinsamen Vorfahren im Graph identifiziert. Daher ist keine zusätzliche Interaktion erforderlich, es sei denn, mehrere Personen haben dasselbe Skript bearbeitet. Wenn dies der Fall ist, kommt es zu einem Konflikt. Um diesen zu lösen, wird eine spezielle Ansicht (Merge-View) verwendet, die alle Alternativen der widersprüchlichen Skripte nebeneinander mit angehängten Kommentaren anbietet. Die Schülerinnen und Schüler können dann die passende Version auswählen oder eine geeignete Lösung zusammenstellen. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 10.4: Bob und Susi haben das gleiche Skript bearbeitet. Bob hat darüber hinaus ein weiteres Skript hinzugefügt. Das neue Skript wird automatisch zusammengeführt, während das bestehende Skript, das beide bearbeitet haben, einen Konflikt auslöst. Daher werden beide Skripte in der zusammengeführten Version aufgenommen und mit Kommentaren gekennzeichnet.

Funktionen wie Add, Push oder Status, die aus professionell genutzten Versionskontrollsystemen wie *Git* bekannt sind, sind durch das Design des Versionskontrollsystems für den Kollaborationsprozess nicht notwendig. Die einzigen Aktivitäten, die die Schülerinnen und Schüler aktiv durchführen und lernen müssen, sind Commit und Merge. Diese Entscheidung wurde getroffen, um das Problem falsch genutzter Funktionen zu reduzieren, indem nur die für Lernende relevanten Funktionen zur Verfügung stehen.

Benutzerführung und -oberfläche sind bewusst einfach gehalten. Gleiches gilt für die Terminologie, die auf die Zielgruppe zugeschnitten sein muss. Aufgrund der reduzierten Funktionen müssen nur zwei Begriffe definiert werden. In Gesprächen mit Informatiklehrkräften wurde die Verwendung des Begriffs Commit als schwierig eingestuft. Der Begriff Merge hingegen wurde als geeignet für Schülerinnen und Schüler aller Klassen angesehen. Dementsprechend wurde in diesem Fall der ursprüngliche Begriff verwendet, während für commit die Formulierung *poste in* »Projektname« eingeführt wurde. Dieser Begriff bietet

10 Kollaboration und Versionskontrolle

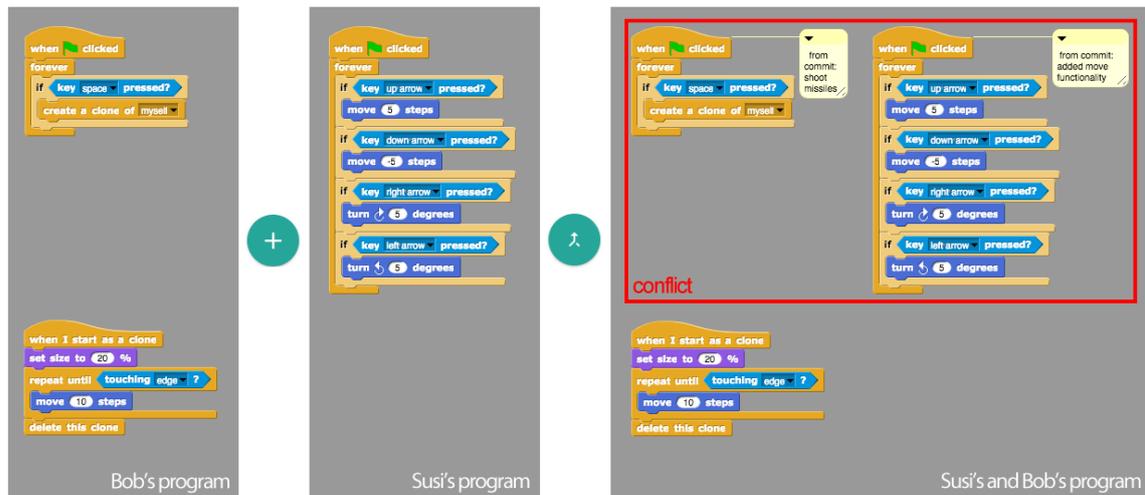


Abbildung 10.4: Merge-View

eine geeignete Analogie zu Commits, kommt aus dem täglichen Leben der Schülerinnen und Schüler und ist für alle Altersgruppen geeignet.

Zusammenfassend sind die wichtigsten Funktionen damit:

- Visualisierung des Projekts und seiner Historie in einem Graphen
- Öffnen jeder Revision direkt im jeweiligen Programmiersystem im Browser
- Einfaches Hinzufügen neuer Revisionen (Commit) aus dem verwendeten Programmiersystem heraus
- Automatische Verzweigung (Branching) für jede Bearbeiterin bzw. jeden Bearbeiter einer Revision
- Zusammenführung von Elementen (Mergen) durch Auswahl der entsprechenden Knoten
- Visualisierung von Konflikten in einer speziellen Ansicht
- Bereitstellung beschreibender Informationen (Zeitstempel, Zusammenfassung des Commits, etc.) für jede Revision
- Unterstützung von mehreren Vorlagen und Startknoten

10.3.2 Beispielhafte Implementierung: Smerge

„Smerge“ (abgeleitet aus den Begriffen „Snap!“ und „merge“) ist eine exemplarische Umsetzung des beschriebenen Konzepts. Das Tool wurde mithilfe des Django-Frameworks und cytoscape.js in Python 3 und JavaScript umgesetzt. Für den Betrieb einer eigenen Instanz wird nur ein Server mit einer Datenbank benötigt. Empfohlen wird zudem die Virtualisierungslösung Docker. Anstatt puren Quellcode zu verwalten, wie dies herkömmliche Versionskontrollsysteme tun, erfordern blockbasierte Sprachen aufgrund ihrer Struktur einen anderen Ansatz. Daher verwendet Smerge die XML-Dateistruktur von Snap!-Projekten. Diese unterscheidet sich von Sprachen wie Scratch oder GP, weshalb diese Komponente sprachspezifisch ist. Beim Öffnen einer bestimmten Revision wird die zugehörige XML-Projektdatei an eine Snap!-Instanz übergeben. In diesem Schritt wird ein benutzerdefinierter Block mit der Commit-Funktionalität (geschrieben in JavaScript) injiziert. Beim Commit wird der aktuelle Stand des Projekts im XML-Format exportiert und an den Smerge-Server gesendet. Sobald die Benutzerin bzw. der Benutzer einen Merge auslöst, werden die entsprechenden Projektdateien analysiert und auf XML-Ebene verglichen. Während die Konflikterkennung beim Vergleich von Quellcode in Textform (meist Zeile für Zeile) einfach ist, bedarf es erneut einer angepassten Lösung für blockbasierte Sprachen. In der konkreten Implementierung basiert die Konflikterkennung auf Sprite-Namen und Skript-Koordinaten. Zur Konfliktlösung werden Revisionen und ihre Vorfahren auf XML-Ebene nach dem oben beschriebenen automatischen Merge-Konzept verglichen.

10.4 Verwendung im Unterricht

Im Folgenden wird ein möglicher Workflow mit Smerge bei Verwendung in einem Projekt beschrieben (siehe Abbildung 10.5). Eine Möglichkeit, projektbasiertes Lernen im Klassenzimmer zu realisieren, sind agile Projekte (*Kastl und Romeike, 2015*). Dabei werden agile Praktiken wie User Stories, Standup-Meetings, Paarprogrammierung, Sprints oder Prototypen in einer für den Schulkontext adaptierten Variante genutzt (*Brichzin, Kastl und Romeike, 2019*).

Die Schulklasse wird in diesem Szenario in mehrere Gruppen unterteilt. Jede Gruppe von Schülerinnen und Schülern setzt ihr eigenes Projekt um. Dementsprechend erstellt auch jede Gruppe ihr eigenes Smerge-Projekt. Auf diese Weise hat sie einen Ort geschaffen, an dem alle Änderungen am Programm zentral gespeichert werden. Jedes Gruppenmitglied oder jedes Programmierpaar arbeitet kontinuierlich an jeweils einer Funktionalität bzw. User Story. Mit der automatischen Branch-Funktion von Smerge wird jede User Story bzw. Funktionalität in einem eigenen Zweig (Branch) realisiert. Die Schülerinnen und Schüler werden daher ermutigt, parallel an Aufgaben zu arbeiten und können sich auf

10 Kollaboration und Versionskontrolle

jeweils einen bestimmten Aspekt konzentrieren. Gleichzeitig kann jede Person bzw. jedes Programmierpaar experimentieren und Dinge ausprobieren, ohne den Projektstand der anderen Gruppenmitglieder zu beeinflussen.

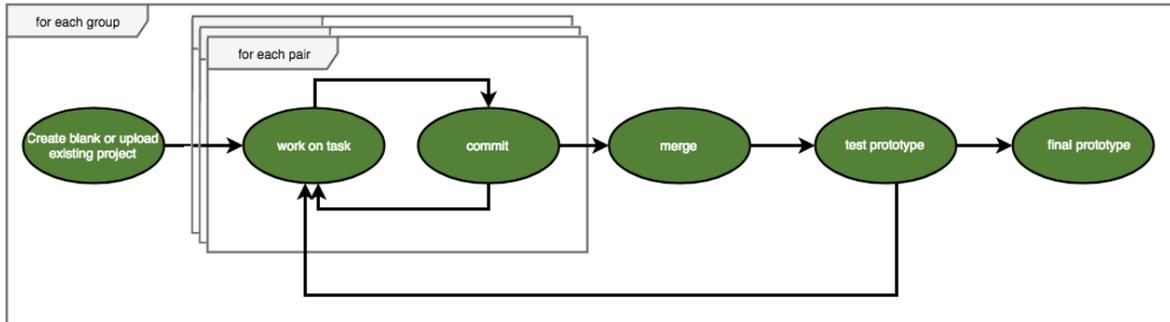


Abbildung 10.5: Smerge Workflow

Dieser Workflow fördert auch eine realistischere Form der Zusammenarbeit in Projekten. Spätestens am Ende einer Iteration werden die Schülerinnen und Schüler ihre Unterprogramme zu einem neuen Prototyp zusammenfügen, indem sie ihre Zweige mit Smerge zusammenführen. Anschließend kann jedes Programmierpaar den resultierenden Prototyp selbstständig testen, anstatt sich als Gruppe vor einem einzelnen PC zu versammeln. Der Merge wird damit auch zu einer ritualisierten Teamaktivität.

Smerge kann auch außerhalb von Projekten sehr flexibel im Unterricht eingesetzt werden. Im Folgenden wird eine Lektion zur Einführung des Austausches von Nachrichten zwischen Objekten (in Snap! realisiert durch Broadcasts) in der Sekundarstufe I beschreiben. In diesem Szenario erstellt jede Schülerin und jeder Schüler seine individuelle Instanz eines von der Lehrkraft vorgegebenen Prototypen. Angenommen, das Stundenziel ist es, eine Gruppe von Tieren zu einem bestimmten Rhythmus tanzen zu lassen. Der Rhythmus wird in einem von der Lehrkraft erstellten Sprite bestimmt und dem von den Schülerinnen und Schülern zu bearbeitenden Sprite über koordinierende Nachrichten (Broadcasts) mitgeteilt. Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler ist es, ein eigenes Tier zu gestalten und es auf die verschiedenen Rhythmen der Musik reagieren zu lassen. Zu diesem Zweck stellt die Lehrkraft eine Vorlage mit einem Sprite zur Verfügung. Die Schülerinnen und Schüler öffnen diese in Snap! und erstellen damit ihren eigenen Branch. Anschließend benennen sie ihr eigenes Sprite um, gestalten das Aussehen und implementieren individuelle Verhaltensweisen zum Rhythmus. Nach Abschluss der Aufgabe werden alle Einzellösungen zu einem Gesamtwerk zusammengefasst, um das Konzept des Nachrichtenaustausches zwischen Objekten mit mehreren Empfängern zu unterstreichen. Ohne ein solches Tool müssten Lehrkräfte alle Lösungen der Klasse sammeln und manuell kombinieren. Mit Smerge werden lediglich die zu verbindenden Versionen markiert und die Auswahl über einen Knopfdruck bestätigt.

10.5 Untersuchung zum Umgang von Novizen mit Smerge

Darüber hinaus kann Smerge auch für eine längere Unterrichtssequenz verwendet werden. Dabei entwickeln die Schülerinnen und Schüler mehrere kleine Programme, um spezifische Informatikkonzepte zu erlernen. Die Klasse oder jede Schülerin bzw. jeder Schüler kann alle diese Teilprojekte in einem Smerge-Projekt sammeln. In jeder Lektion erhalten die Schülerinnen und Schüler eine neue Vorlage, in der sie eine bestimmte Aufgabe erledigen. Nach mehreren Einheiten werden die Teilprojekte zu einem Gesamtprojekt zusammengefasst, und ein größerer Sinnzusammenhang wird deutlich. Ein Beispiel ist das Spiel Breakout, bei dem der Schläger, der Ball und die Steine als drei Teilprojekte betrachtet werden können. So sind der Umgang mit Benutzereingaben, das Bewegen und Abprallen von Wänden sowie die Verwendung von Listen zur Verwaltung der Ziegel mögliche Teilschritte, die letztlich im Spiel Breakout kombiniert werden.

Es wäre auch denkbar, Smerge für unterschiedliche Vorlagen zur Binnendifferenzierung zu verwenden. Lehrkräfte können verschiedene Vorlagen für unterschiedliche Lernniveaus zur Verfügung stellen. Durch die Bereitstellung anderer Aufgaben oder durch mehr Unterstützung, z. B. mittels vorgegebener Blöcke im Rahmen eines Projekts können schwächere Schülerinnen und Schüler individuell unterstützt werden.

10.5 Untersuchung zum Umgang von Novizen mit Smerge

Um zu beurteilen, ob und inwieweit mit Smerge dem Ziel einer hohen Zugänglichkeit entsprochen wird, wird in diesem Abschnitt untersucht, wie das didaktisch adaptierte Versionskontrollsystem (intuitiv) verwendet wird und wie es die Zusammenarbeit unter den Lernenden beeinflusst. Entsprechende Erkenntnisse helfen, die getroffenen Designentscheidungen für ein Versionskontrollsystem für Lernende ohne Vorerfahrungen (Novizen) abzusichern und bilden die Basis dafür, geeignete Unterrichtsstrategien zu entwickeln. Kern dieser Fallstudie sind daher die folgenden Forschungsfragen:

- **(RQ6.1)** Wie nutzen Novizen ein didaktisch adaptiertes Versionskontrollsystem in einem Softwareprojekt?
Versionskontrollsysteme bieten Funktionalitäten wie das Committen, eine Projekthistorie, die Möglichkeit zum Aufteilen (Branchen), Zusammenführen (Mergen) oder zur Datensicherung. In der Literatur wird jedoch berichtet, dass der Einsatz eines Versionskontrollsystems für Lernende eine große Hürde darstellt. Ein Verständnis des Umgangs mit einem didaktisch angepassten Versionskontrollsystem kann helfen, die Werkzeuge besser auf die Bedürfnisse von Lernenden bzw. Novizen zuzuschneiden und zeigt zudem auf, was Lehrkräfte im Unterricht beachten sollten.

- **(RQ6.2)** Wie kollaborieren Lernende, wenn sie mit einem didaktisch adaptierten Versionskontrollsystem arbeiten?

Versionskontrollsysteme unterstützen einzigartige Formen der Zusammenarbeit. Dieses Potenzial ist für die Lernenden möglicherweise jedoch nicht offensichtlich, da es sich von der traditionellen Zusammenarbeit in Gruppen unterscheidet, und wird daher kaum (oder gar nicht) genutzt. Das Verständnis der intuitiven Zusammenarbeit von Novizen unter Zuhilfenahme eines Versionskontrollsystems unterstützt Lehrkräfte dabei, neue Formen der Kollaboration anzuregen, die für die Lernenden zunächst möglicherweise nicht intuitiv sind.

10.5.1 Methodik

Untersuchungsumgebung

Die Erhebung war Teil eines agilen Softwareentwicklungsworkshops, in dem Schülerinnen und Schüler in Teams eigene Projekte mit Snap! entwickelten. Dazu wurde, wie in Kapitel 10.4 vorgeschlagen, der agile Ansatz nach *Brichzin, Kastl und Romeike (2019)* gewählt und Praktiken wie Projektboards (siehe Abbildung 10.6), User Stories und Tasks genutzt.

18 Schülerinnen und Schüler einer zehnten Klasse eines naturwissenschaftlich-technischen bayerischen Gymnasiums (im Alter von 15 bis 16 Jahre) nahmen am Workshop teil. Die Schülerinnen und Schüler belegten demnach den Informatikunterricht und waren darüber hinaus auch mit Begriffen aus der agilen Entwicklung wie User-Stories oder Tasks vertraut, hatten aber noch keine Erfahrung mit Versionskontrollsystemen. So können sie als Novizen in der Arbeit mit Versionskontrollsystemen gesehen werden. Die Schülerinnen und Schüler wurden in Gruppen von 4 bis 5 Personen mit je zwei Programmierpaaren aufgeteilt, was zu einer Stichprobengröße von 8 Programmierpaaren führte. *Morse (1994)* empfiehlt für ähnliche Experimente eine Stichprobengröße von etwa sechs.

Um wirklich den natürlichen Umgang von Novizen mit Versionskontrollsystemen zu untersuchen, erhielten die Schülerinnen und Schüler anfangs nur eine kurze fünfminütige Einführung in den agilen Prozess in Kombination mit Snap! und dem Versionskontrollsystem Smerge. Die zwei Workshopleiter stellten zunächst das Project-Board (ähnlich dem in Abb. 10.6) vor. Anschließend wurde beispielhaft ein Task ausgewählt und bearbeitet. Die Schülerinnen und Schüler folgten der Vorführung an ihren eigenen Geräten, während die Workshopleiter zunächst je einen Zweig (Branch) erstellten, ihre Änderungen zum Versionskontrollsystem hinzufügten und die Änderungen anschließend zusammenführten. Daraufhin wurde den Schülerinnen und Schülern noch gezeigt, wie sie eigene Projekte im Versionskontrollsystem anlegen können. Schließlich wählten die einzelnen Gruppen eigene Projekte aus dem Bereich klassischer Videospiele. Aufgrund des Ziels herauszufinden,

10.5 Untersuchung zum Umgang von Novizen mit Smerge

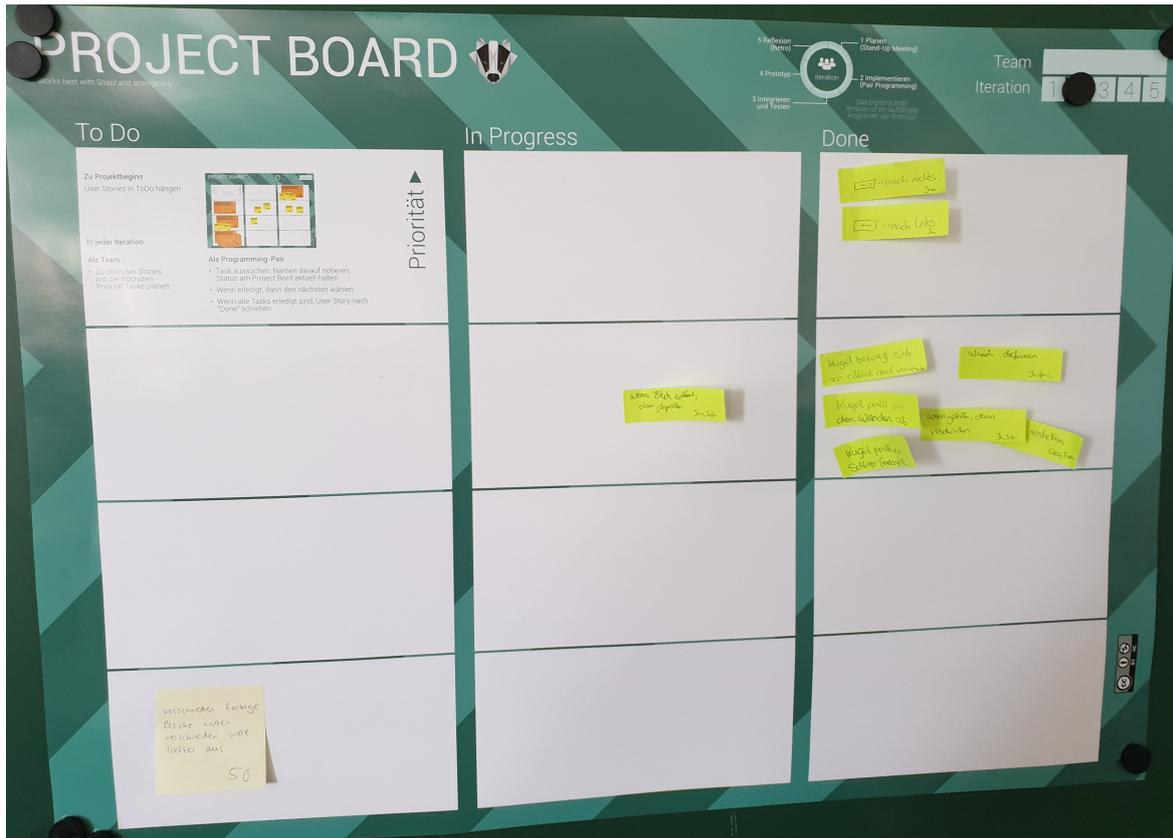


Abbildung 10.6: Beispiel eines Project-Boards in der zweiten Iteration

welche Konzepte (vgl. Kapitel 10.2.2) intuitiv verstanden werden und welche im Unterricht explizit angesprochen werden müssen, ist eine solche kurze Einführung ideal, um lediglich eine Grundlage für die Verwendung des Versionskontrollsystems zu schaffen.

Datenauswertung

Die Beantwortung der Forschungsfragen stützt sich hauptsächlich auf Videoaufnahmen, die von jedem Bildschirm angefertigt wurden. So entstanden pro Computer bzw. Programmierpaar 4 $\frac{3}{4}$ Stunden und insgesamt 38 Stunden Videomaterial. Solche Bildschirmaufnahmen sind eine beliebte Datenquelle in der Forschung der Interaktion von Menschen mit dem Computer. Entsprechend wurden solche Daten bereits in der Vergangenheit eingesetzt, um beispielsweise zu untersuchen, wie Teams Computer einsetzen, um ihre Arbeit zu koordinieren (Tang et al., 2006). Neben den eigentlichen Videodaten wurden darüber hinaus auch der letzte Status des Projektboards und die finalen Projektstrukturen aus dem Versionskontrollsystem berücksichtigt.

Für die Analyse der Bildschirmaufnahmen wurde eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2004) angewandt. Dass dieses Verfahren prinzipiell für die Analyse von Videomaterial geeignet ist, demonstriert Mayring selbst in einer Untersuchung von Klassenzimmeraufnahmen (Mayring, Gläser-Zikuda und Ziegelbauer, 2005). Da insbesondere die Interaktionen am Computer von Interesse sind, stellt auch die ausschließliche Verfügbarkeit von Bildschirmaufzeichnungen kein Problem dar. Die Kodierung selbst erfolgte durch zwei Forscher mit der Software MaxQDA. Um die Herangehensweise der Lernenden zu untersuchen, wurden alle Handlungen in ein deduktives Kategoriensystem eingeordnet (siehe Tabelle 10.1). Das Kategoriensystem umfasst die möglichen Interaktionen mit Snap! sowie die Verwendung der zentralen Konzepte eines Versionskontrollsystems. Zusätzlich wurden die dazugehörigen Metainformationen notiert, z. B. welches Sprite bearbeitet wurde oder wie die Commit-Nachricht lautete. Die automatisch vergebenen Zeitstempel helfen, wiederkehrende Muster zu identifizieren. Das Kategoriensystem wurde von beiden Forschern gemeinsam im Vorfeld entwickelt. Ein ähnlicher Ansatz wurde auch von Rosenbaum (2015) bei der Auswertung des Nutzungsverhaltens von Kindern beim Einsatz von Musiksoftware mit Fokus auf Tinkering verwendet. Um zu vermeiden, dass wichtige Aspekte aufgrund vorher definierter Kategorien vernachlässigt werden, wurden induktive Ergänzungen zugelassen. Die aufgezeichneten Videos bilden die Grundlage der Auswertung, wobei ein Videosegment mit einer Mindestlänge von fünf Sekunden als Analyseeinheit dient.

Um Aussagen über die Nutzung des Versionskontrollsystems (RQ6.1) zu ermöglichen, wurden die kodierten Ereignisse der einzelnen Programmierpaare untersucht. In einem zweiten Schritt wurden die kodierten Ereignisse aller Paare einer Projektgruppe verglichen (siehe Abbildung 10.7). Durch die Betrachtung des Fortschritts der Paare und den Vergleich

10.5 Untersuchung zum Umgang von Novizen mit Smerge

Kategorie	Schlagwort	Beschreibung
Interaktion mit Snap!	Tinkering	Neue Dinge ohne konkretes Ziel ausprobieren
	Coding	Erstellen eines Objekts oder Skripts und verschiedene Strategien zur Zielerreichung ausprobieren
	Transforming	Änderungen an bestehendem Objekt oder Skript
	Designing	Erstellen oder Ändern des Kostüms eines Objekts
	Testing	Sicherstellen, dass Skripte gewünschtes Verhalten zeigen
	Cleaning	Aufräumarbeiten im Code, Skripte neu anordnen
	Opening Closing	Revision in Snap! öffnen Snap! Projekt schließen
Nutzung des Versionskontrollsystems	Exploring Project History	Zugriff auf Projektinformationen, Prüfung auf neue Knoten im Versionskontrollsystem oder Inspizieren von Revisionen
	Committing	Neue Revision zum Versionskontrollsystem hinzufügen
	Branching	Anlegen eines Zweigs (Branch) zur Entwicklung eines neuen Aspekts oder Beseitigen eines Fehlers
	Merging	Änderungen von mehreren Knoten zusammenführen und Konflikte auflösen
	Data Backup	Rückgriff auf alte Revision um Fehler zu identifizieren oder alten Stand wiederherzustellen

Tabelle 10.1: Übersicht über die Schlagworte (Tags), die den einzelnen Ereignissen in den Videoaufzeichnungen zugeordnet wurden

der beiden Paare eines Teams konnten nun Aussagen über ihre Zusammenarbeit gemacht werden (RQ6.2).

10.5.2 Ergebnisse

Alle Projektteams entwickelten ein funktionierendes Spiel. Dabei waren zwei Spiele durch Asteroids, eines durch Breakout und eines durch Geometry Dash inspiriert (siehe Abbildung 10.8).

RQ7.1: Wie nutzen Novizen ein didaktisch adaptiertes Versionskontrollsystem in einem Softwareprojekt?

Erkenntnis 1: Ein für Novizen konzipiertes Versionskontrollsystem kann den Arbeitsablauf der Lernenden unterstützen.

Nach der kurzen Einführung konnten die Lernenden mit allen Funktionen umgehen. Die meiste Zeit konnte für die eigentliche Implementierung in Snap! aufgewendet werden. Die Arbeit innerhalb des Versionskontrollsystems war zielorientiert und von kurzer Dauer. Die Ergebnisse zeigen, dass das Konzept eines Versionskontrollsystems so vereinfacht werden kann, dass auch Novizen Branching und Merging nutzen können.

Erkenntnis 2: Der Graph des Versionskontrollsystems dient regelmäßig als Orientierungspunkt für den Projektfortschritt.

Nach jedem Commit überprüften die Novizen den im Versionskontrollsystem dargestellten Projektverlaufgraphen, um den Fortschritt des Teams zu betrachten. Einige Lernende schlossen ihre Version und öffneten sie erneut, während andere kurz ihren Tab verließen, aber alle Lernenden überprüften den Graphen.

Erkenntnis 3: Die sinnvolle Benennung von Commit-Nachrichten stellt eine Herausforderung dar.

Während viele Commit-Nachrichten widerspiegeln, welche Änderungen vorgenommen wurden (z. B. bei „flüssigere Bewegung“ oder „zerstörbare Objekte“), gab es auch einige Commits mit Bezeichnungen wie „Version 1:18 Uhr“ oder „working prototype ZERO“. Diese Erfahrung stimmt mit der Literatur überein, auch ein didaktisch reduziertes System ändert dies nicht.

Erkenntnis 4: Kein Commit vor längerer Unterbrechung.

Während des Workshops gab es eine einstündige Pause. Die Pause wurde den Lernenden lange im Voraus angekündigt und war auch in den Videoaufnahmen ersichtlich. Die Gruppen haben jedoch ihren letzten Stand vor dieser Pause nicht an das Versionskontrollsystem übermittelt.

10.5 Untersuchung zum Umgang von Novizen mit Smerge

Pair 1		Pair 2	
01:38:20	testing (click green flag)	designing (sprite: projectile)	1:38:36
01:39:21	committing ("shoot with space")	coding (sprite: projectile, script: "when I start as a clone")	01:38:46
01:39:40	- (no action)	testing (click green flag)	01:39:34
		coding (sprite: ufo, script: "when I start as a clone")	01:40:02
		testing (click green flag)	01:40:30
		coding (sprite: projectile, script: "when I start as a clone")	01:42:39
		testing (click green flag)	01:44:46
		coding (sprite: ufo; script: "When I start as a clone")	01:44:57
		testing (click green flag)	01:45:21
01:46:12	closing	committing ("ufos shoot")	01:45:59
01:46:30	exploring	merging ("ufos shoot"; "shoot wit space")	01:46:20
01:48:07	opening (merge of "ufos shoot" and "shoot with space")	testing (click green flag)	01:46:46

Abbildung 10.7: Auszug aus der Kodierungstabelle für zwei Programmierpaare einer Gruppe.

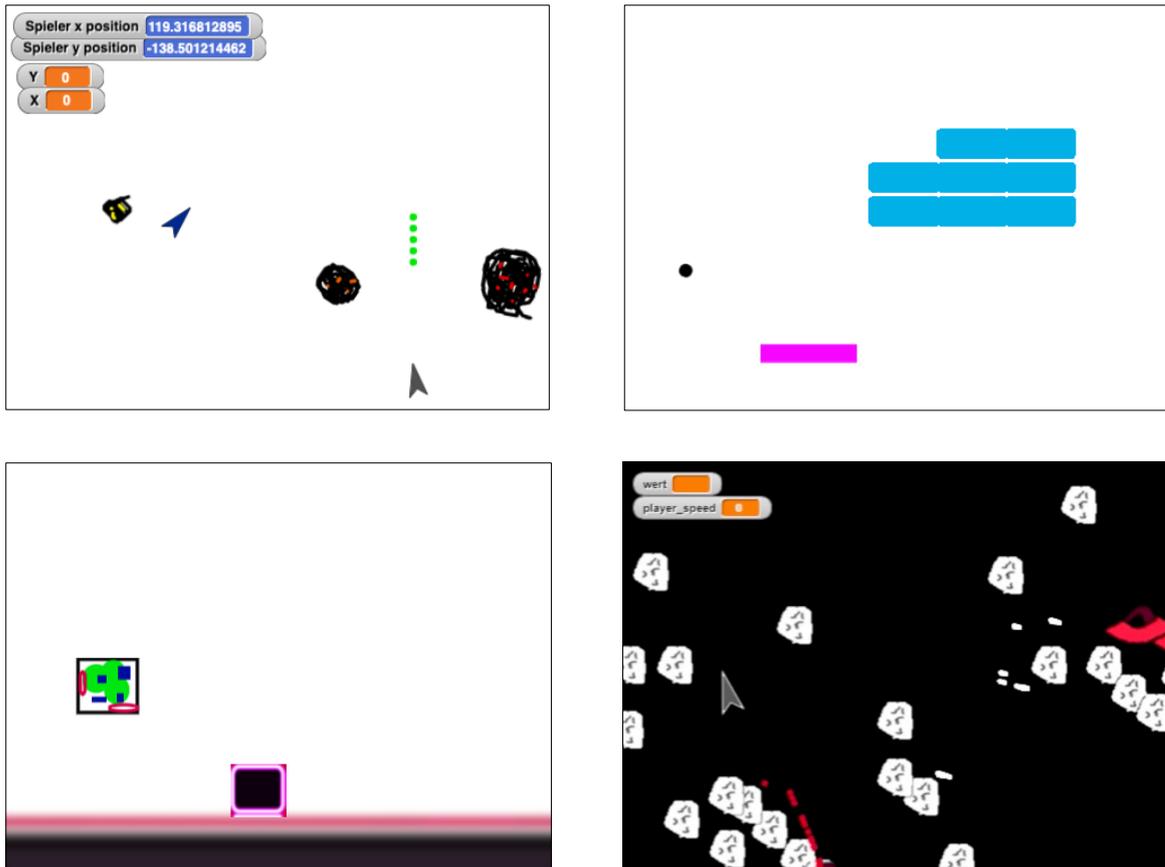


Abbildung 10.8: Screenshots der Projekte nach drei Iterationen.

Erkenntnis 5: Die Lernenden implementieren mehr als eine Funktionalität je Commit, was zu großen Commits und einer größeren Zeitspanne zwischen diesen führte.

Die Analyse zeigt, dass die Lernenden ihre Commits nicht auf der Basis der implementierten Funktionalitäten erstellten. Die meisten Commits enthielten mehr als eine neue Funktionalität oder abgeschlossene Aufgabe. In einem Fall fügte das Schülerpaar beispielsweise Game-Over-Meldungen und eine Routine für den Fall hinzu, dass der Spieler etwas berührt, obwohl in der Commit-Nachricht lediglich von der Zerstörung von Objekten die Rede war. Jeder getätigte Commit war jedoch funktionsfähig und konnte als vollständig betrachtet werden.

Erkenntnis 6: Die Lernenden testen ihren Code vor dem *Commit* und nach dem *Merge*.

Die Lernenden stellten sicher, dass nur funktionierende Versionen dem Versionskontrollsystem hinzugefügt wurden, indem sie ihren Code vorher testeten. Daher wurden keine Commits kodiert, die nur geringfügige Korrekturen oder Ergänzungen enthielten. Dasselbe gilt für das Mergen: Die Lernenden testeten stets die resultierende neue Version und das Zusammenspiel der beiden Komponenten.

Erkenntnis 7: Das Verhalten bei Bereinigungsarbeiten im Code ist keineswegs einheitlich.

Die Videoaufzeichnungen zeigen, dass die Lernenden nicht nur ihren Code gründlich testeten, sondern auch, dass einige Schülerinnen bzw. Schüler den Code bereinigten, um die Lesbarkeit für ihre Gruppenmitglieder zu verbessern. So ordneten sie Sprites neu an und entfernten Blöcke, die nur zum Testen oder Ausprobieren verschiedener Lösungen verwendet wurden, bevor sie ihre Arbeit in das Versionskontrollsystem übertrugen. Dies war jedoch nicht bei allen Lernenden der Fall. Einige ließen auch Blockfragmente an Stellen neben dem eigentlichen Code zurück oder positionierten die Skripte an einer beliebigen Bildschirmposition (ein übliches Verhalten bei blockbasierter Programmierung (Jatzlau, Seegerer und Romeike, 2019)).

Erkenntnis 8: Die Schülerinnen und Schüler prüfen die Versionen, die sie zusammenführen wollen.

Bevor das Zusammenführen zweier Revisionen abgeschlossen wurde, untersuchte das Programmierpaar, welches die verschiedenen Versionen zusammenführte, alle ausgewählten Knoten, um sicherzustellen, dass es die richtigen Versionen zusammenführt.

Erkenntnis 9: Tinkering auf Ebene des Versionskontrollsystems wird kaum genutzt.

Während die Lernenden innerhalb von Snap! viele Dinge ausprobierten (Tinkering), benutzte nur eine Gruppe Tinkering auf der Ebene des Versionskontrollsystems, indem ein Zweig (Branch) zum Experimentieren verwendet wurde: Nachdem sie Probleme mit der Framerate feststellten, gingen sie zur früheren Version zurück und versuchten einen neuen Ansatz.

RQ7.2: Wie kollaborieren Lernende, wenn sie mit einem didaktisch adaptierten Versionskontrollsystem arbeiten?

Erkenntnis 10: Alle Programmierpaare verwalten aktiv das Versionskontrollsystem. Aktivitäten wie das Zusammenführen (Mergen) wurden in allen kodierten Videos registriert. Daher gab es keine einzelne Person, die als Projektleiterin bzw. Projektleiter für die Verwaltung des Versionskontrollsystems und den aktuellen Projektstatus verantwortlich war.

Erkenntnis 11: Die Lernenden neigen dazu, ihre Arbeit auf der Basis von Sprites aufzuteilen.

Die kodierten Videos zeigen, dass alle Gruppen ein „topografisches“ Arbeitsverteilungsmodell gewählt haben, bei dem ein Sprite im Mittelpunkt jeder Aufgabe stand. Normalerweise umfasste eine Aufgabe alle Aktivitäten, die zu diesem Sprite gehörten, z. B. das Design des Sprite-Looks und die Implementierung seines Verhaltens.

Erkenntnis 12: Die Lernenden vermeiden Konflikte auf natürliche Weise durch ihre Programmgestaltung und Aufgabenteilung.

Während des gesamten Workshops erlebten die Lernenden keine schwierigen Zusammenführungskonflikte, da sie ihre Aufgaben stets konfliktvermeidend gestalteten und verteilten. Mergen bedeutete meist, verschiedene Sprites oder verschiedene Skripte in einer Projektdatei zu kombinieren. Dabei wurden keine manuellen Konfliktlösungen kodiert. Daher wurden alle Merges vom Versionskontrollsystem automatisch durchgeführt, ohne dass die jeweils aktuelle Skriptversion manuell ausgewählt werden musste.

Erkenntnis 13: Die Lernenden richten ihre Planung nach der nächsten Zusammenführung (Merge) aus.

Obwohl der Workshop einem agilen Ansatz folgte, richteten die Lernenden ihren Kooperationsprozess nicht auf die dort vorgegebenen Iterationen aus. Dementsprechend wurden Änderungen nicht nur am Ende einer Iteration, sondern bereits zuvor zusammengeführt. In manchen Fällen warteten Paare sogar untätig darauf, bis das andere Paar seine Aufgabe beendet hatte, ehe die Änderungen zusammengeführt werden konnten, obwohl weitere Aufgaben, etwa die Implementierung weiterer Funktionalitäten ihres aktuellen Sprites, am Projektboard vermerkt waren. Die aus einer Zusammenführung resultierende Version wurde dann zur Planung des weiteren Vorgehens verwendet. Die Programmierpaare arbeiteten anschließend allein oder sogar gemeinsam an der gleichen Aufgabe weiter. Ein Programmierpaar implementierte zum Beispiel die Asteroiden, während das andere Paar eine Rakete programmierte, die Projektile abschießen kann. Diese beiden Revisionen wurden zusammengeführt, bevor die Kollisionserkennung zwischen Asteroiden und Geschossen gemeinsam implementiert wurde. Erst dann wurde das weitere Vorgehen geplant und wieder Aufgaben zwischen den beiden Paaren aufgeteilt.

10.5.3 Diskussion

Nutzung des Versionskontrollsystems

Im Gegensatz zu den in der Literatur beschriebenen Erfahrungen mit Versionskontrollsystemen zeigte sich, dass Smerge und seine Kernfunktionen intuitiv und ohne auftretende Hürden für Novizen nutzbar waren (Erkenntnis 1). So richteten die Lernenden ihr Projekt selbst ein, ohne die Hilfe der Dozenten zu benötigen. Gleichzeitig integrierte sich das Versionskontrollsystem in ihren Workflow mit Snap!. In Anbetracht der in der Literatur beschriebenen Probleme von Novizen im Umgang mit Versionskontrollsystemen erscheint die Verwendung eines didaktisch angepassten Versionskontrollsystems daher vielversprechend.

Wenn es um eine vertiefte Nutzung eines Versionskontrollsystems geht, zeigen sich auch in den Daten zum Umgang mit einem didaktisch reduzierten Versionskontrollsystem – ebenfalls in der Literatur beschriebene – Muster, die von einer zusätzlichen Unterweisung profitieren würden.

Zunächst scheint den Lernenden der Datensicherungsaspekt eines Versionskontrollsystems nicht bewusst zu sein, da sie dazu neigen, ihre aktuellen Fortschritte erst nach einer längeren Pause zu bestätigen (Erkenntnis 4). Darüber hinaus fand Tinkering hauptsächlich in Snap! statt, ohne das Versionskontrollsystem zu benutzen. Ergebnisse eines Tinkeringprozesses, die wenig Erfolg versprachen, wurden in Snap! wieder entfernt, ohne dass sie jemals als Commit an das Versionskontrollsystem übertragen wurden. Daher wurde Branching hauptsächlich zur Verwaltung der Zusammenarbeit und nicht zum Ausprobieren neuer Ideen verwendet. Obwohl ein Versionskontrollsystem Tinkering erleichtern würde, da die Speicherung aller Entwicklungen garantiert ist, wurde diese Funktion also kaum genutzt (Erkenntnis 9).

Dieses Verhalten könnte jedoch auch auf eine „Der Master- bzw. Mainbranch ist heilig“-Haltung zurückgeführt werden, bei der nur getesteter und funktionsfähiger Code dem Projekt im Versionskontrollsystem hinzugefügt werden soll – selbst wenn nur Zweige betroffen sind (Erkenntnis 6, 7 und 8). Das seltene Vorkommen von Commits (Erkenntnis 5) unterstützt beide Thesen – die Unkenntnis über die Back-up-Funktionalität sowie eine „Der Master- bzw. Mainbranch ist heilig“-Haltung.

Zusätzlich lässt sich – erneut in Übereinstimmung mit der Literatur – feststellen, dass Commit-Nachrichten nicht immer sinnvoll benannt werden (Ergebnis 3). Mögliche Gründe für dieses Verhalten könnten in diesem speziellen Fall die geringe Gesamtgröße des Projekts sein, die sich aus der zeitlichen Begrenzung auf einen Tag ergibt, aber auch die visuelle grafische Darstellung der Projekthistorie, die eine zusätzliche Orientierungshilfe

bietet. Aufgrund dieser Faktoren war es möglicherweise nicht notwendig, *aussagekräftigere* Commit-Nachrichten zu verwenden.

Da die berichteten Muster sowohl in der Literatur (mit „professionellen“ Versionskontrollsystemen) als auch in dieser Studie mit einem didaktisch angepassten Versionskontrollsystem beschrieben wurden, sollten Datensicherungsfunktionalität oder sinnvolle Commit-Nachrichten explizit angesprochen werden. Dies könnte entweder auf der Ebene der Werkzeuge oder in Lehre und Unterricht geschehen. Zum Beispiel sollte die „Der Master- bzw. Mainbranch ist heilig“-Haltung, die in professionellen Projekten durchaus sinnvoll ist, die Lernenden nicht davon abhalten, Dinge auszuprobieren oder Änderungen rückgängig zu machen. Eine mögliche Reaktion auf Werkzeugesebene könnte die Einführung eines zusätzlichen, separaten Graphs sein, der die Veröffentlichungen repräsentiert, die im ursprünglichen Graphen ausgewählt werden können. Auf diese Weise kann ein Bereich geschaffen werden, der explizit zum Ausprobieren (Tinkering) neuer Ideen gedacht ist.

Kollaboration und Versionskontrollsysteme

Überraschend war, wie hoch der Einfluss des Graphen und damit des Versionskontrollsystems auf den Kollaborationsprozess war. Die Ergebnisse sowie unstrukturierte Beobachtungen aus dem Workshop zeigen, dass die Lernenden ihre Planung eher am Versionskontrollsystem und der visuellen Darstellung des Projektstatus in Form des Graphen als an der eigentlichen Projekttafel ausrichteten (Erkenntnis 2 und 13). Dementsprechend scheint eine solche visuelle Darstellung für ein didaktisch angepasstes Versionskontrollsystem unerlässlich zu sein, da sie die Zusammenarbeit strukturiert und leitet.

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse, dass die „natürliche“ Art der Zusammenarbeit der Lernenden die Funktionalitäten eines Versionskontrollsystems nicht in vollem Umfang nutzt: Die Lernenden arbeiten konfliktvermeidend zusammen (Erkenntnis 11), indem sie beispielsweise Aufgaben Sprite-weise aufteilen (Erkenntnis 12) und häufig zusammenführen, sodass mögliche Konflikte vermieden werden (Erkenntnis 13). Dies könnte in der vorhandenen Alltagserfahrung der Lernenden mit (asynchroner) Zusammenarbeit begründet liegen. Wenn sie beispielsweise eine Präsentation erstellen, arbeitet jede Person typischerweise an einem anderen Teil, da das Zusammenführen der Arbeit sonst schnell chaotisch wird.

Während ein solcher Ansatz in vielen Situationen hilfreich ist, bietet der Einsatz eines Versionskontrollsystems zusätzliche Möglichkeiten und Wege der Zusammenarbeit. Diese Werkzeuge erlauben ein problemloses Zusammenführen, daher können Aufgaben nicht nur topografisch, sondern nach Funktionalität oder den Fähigkeiten der Gruppenmitglieder aufgeteilt werden. So könnte z. B. eine Person an der Gestaltung eines Sprites arbeiten,

während eine andere Person dessen Verhalten implementiert. Anstatt darauf zu warten, dass andere Mitglieder ihre Aufgaben erledigen (siehe Erkenntnis 13), können sie weiter an ihren Aufgaben arbeiten und später Änderungen in ihren Zweig miteinbeziehen. Daher bieten Versionskontrollsysteme verschiedene Möglichkeiten der Planung und Zusammenarbeit für Projekte an. *Webb (1995)* empfiehlt, Zusammenarbeit explizit zu unterrichten und auch die hier gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass diese in Versionskontrollsystemen sehr gut umsetzbaren, relevanten Formen der Zusammenarbeit in der Lehre angesprochen werden müssen, da sie für die Lernenden nicht selbstverständlich sind.

10.6 Fazit

Zusammenfassend wurde in diesem Kapitel ein für alle zugängliches Versionskontrollsystem für blockbasierte Sprachen konzipiert, das Kollaboration in Softwareprojekten unterstützt. Funktion, Design und Oberfläche sind reduziert sowie an Novizen angepasst und basieren auf den bestehenden Forschungsergebnissen und Erfahrungen beim Einsatz von Versionskontrollsystemen. Smerge setzt diese Funktionen exemplarisch um und achtet auf eine hohe Zugänglichkeit.

In der Beforschung des Werkzeugeinsatzes mit Schülerinnen und Schülern ohne Vorerfahrung im Umgang mit Versionskontrollsystemen (Novizen) wurde untersucht, wie diese ein solches System verwenden und wie sie damit kollaborieren. Die Ergebnisse zeigen, dass Novizen einen Großteil der Konzepte eines so gestalteten Versionskontrollsystems intuitiv nutzen. Damit stellen entsprechende Systeme eben auch ein geeignetes Werkzeug für die Förderung von Kollaboration im Unterricht dar. Obwohl sicherlich Gründe wie die Anschlussfähigkeit dafür sprechen, auch mit Novizen ein professionelles Versionskontrollsystem zu verwenden, lassen sich viele der in der Literatur beschriebenen Probleme mit diesem didaktisch reduzierten Ansatz nicht bestätigen: Das Werkzeug integrierte sich reibungslos in den gewohnten Arbeitsablauf der Schülerinnen und Schüler. Trotz der (bewusst) kurzen Einführungszeit konnten sie das Werkzeug bzw. die zugrunde liegenden Konzepte eines Versionskontrollsystems sofort einsetzen.

Die Ergebnisse zeigen zweitens auch, dass die intuitive Nutzung zwar für die Kernpraktiken, nicht aber für alle Aspekte gilt. Zum Beispiel fördert die bloße Verwendung eines didaktisch reduzierten Versionskontrollsystems weder Tinkering noch die sinnvolle Benennung von Commits. Diese Aspekte müssen daher durch die Werkzeuge unterstützt oder im Unterricht angesprochen werden.

Drittens geht aus den Ergebnissen hervor, dass Schülerinnen und Schüler in ihrer Zusammenarbeit konfliktvermeidend agieren, z. B. indem sie die Arbeit objektweise aufteilen und so oft wie möglich zusammenführen – auch wenn daraus Wartezeiten resultieren.

Allerdings erlaubt der Einsatz von Versionskontrollsystemen weitere Möglichkeiten der Zusammenarbeit, die folglich auch explizit im Unterricht angesprochen werden müssen.

Zusammengefasst liefern die Ergebnisse einerseits tiefe Einblicke in die Art und Weise, wie ein didaktisch reduziertes Versionskontrollsystem gestaltet sein sollte, um zugänglich für alle zu sein. Andererseits zeigen die Ergebnisse, wie Novizen mit einem solchen System interagieren und wie sie es für ihre Zusammenarbeit nutzen.

Teil V:
Abschluss

11 Zusammenfassung der Arbeit

Gerade in den letzten Jahren hat die Dynamik der digitalen Transformation enorm zugenommen und sich infolge dessen auch der Diskurs um die Konsequenzen für Bildung intensiviert. Unter dem Begriff der digitalen Bildung soll dabei den notwendigen Kompetenzen sowie Anforderungen in der digitalen Welt Rechnung getragen werden. Vor dem Hintergrund, dass Informatik der Digitalisierung zugrunde liegt und damit wesentlichen Einfluss auf die digitalen Transformationsprozesse der Gesellschaft und einer Vielzahl an Disziplinen hat, kommt ihr auch in für die Bildung in der digitalen Transformation eine besondere Aufgabe zu – nicht nur beim Verständnis der digitalen Welt sondern auch als Grundlage für fachliche digitale Bildung. Ziel dieser Arbeit war es daher, den Beitrag informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation zu spezifizieren und exemplarisch auszugestalten.

11.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die zentralen Forschungsergebnisse aus Teil II auf Basis der zugrunde gelegten Forschungsfragen zusammengefasst:

- *(RQ1) Welchen Beitrag leistet informatische Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation?*

Mittels einer Analyse der Argumentation und Argumentationsschemata um verpflichtenden Informatikunterricht und damit der als allgemeinbildend wahrgenommenen Beiträge informatischer Bildung (Kapitel 3) wurde der Beitrag der Informatik zu Bildung in der digitalen Welt herausgearbeitet. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass informatischer Bildung primär die Förderung technologischer sowie gestaltungsbezogener Kompetenzen und zugleich auch zunächst klassischer sozialer, personaler oder problemlösender Kompetenzen zugeschrieben wird. Die Ergebnisse zeigen damit die verschiedenen Dimensionen auf, mit denen Informatik eine Grundlage für digitale Bildung bilden kann.

- *(RQ2) Wie werden Anforderungen an Bildung in der digitalen Transformation und die Rolle informatischer Bildung von Lehrkräften wahrgenommen und welche Voraussetzungen für das Unterrichten in der digitalen Welt bringen sie mit?*

Eine Untersuchung der Ansichten, Einschätzungen und Bedürfnisse von Grund- und Mittelschullehrkräften (Kapitel 4) zeigt, wie Lehrkräfte die Anforderungen an Bildung in der digitalen Welt und die Rolle der informatischen Bildung wahrnehmen. So

11 Zusammenfassung der Arbeit

vertreten sie die Meinung, dass digitale Bildung über die Bedienung digitaler Geräte hinausgeht und ein Grundverständnis des Digitalen genauso wie ein Reflektieren und kritisches Hinterfragen umfassen. Dabei werden auch informatische Aspekte bereits in der Grundschule als zentral eingestuft. Gleichzeitig zeigt sich, dass Lehrkräfte ihre eigenen Kompetenzen gerade in den Bereichen medienbezogener fachlicher und medienbezogener informatischer Kompetenzen als ausbaufähig beurteilen. Da diese Aussage unabhängig vom Alter der befragten Person ist, scheinen auch junge Lehrkräfte diese Kompetenzen aktuell noch nicht im Studium erworben zu haben. Die Erhebung weist damit auf u. a. notwendige Veränderungen in der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften hin.

- *(RQ3) Welche durch die digitale Transformation hervorgerufenen Veränderungen zeigen sich in den Fächern, die durch informatische Bildung adressiert werden müssen?*

Um die durch die Digitalisierung hervorgerufenen Veränderungen in den Fächern zu untersuchen, wurde eine explorative Befragung von Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern (Kapitel 5) durchgeführt. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass Digitalisierung in allen Schulfächern Veränderungen zur Folge hat. So sind auch digitale Methoden wie Simulationen oder Auseinandersetzungen mit neuen oder veränderten Inhalten Teil digitaler Bildung anderer Schulfächer. Informatik adressiert vor diesem Hintergrund also auch solche Aspekte, die im Zuge der digitalen Transformation für andere Fächer wichtig werden, beispielsweise der Umgang mit Daten, Programmierung als Arbeitsweise für alle oder Grundlagen zu künstlicher Intelligenz. Die Ergebnisse zeigen damit, dass es Aufgabe informatischer Bildung ist, die Grundlage für digitale Bildung in anderen Fächern zu legen.

- *(RQ4) Wie sollte informatische Bildung als Teil von Bildung in der digitalen Transformation inhaltlich ausgestaltet werden?*

Bezüglich der inhaltlichen Ausgestaltung informatischer Bildung als Teil digitaler Bildung wurde eine Auswertung von „Informatik-für-alle“-Hochschulkursen (Kapitel 6) vorgenommen. Ergebnis dieser Auswertung ist eine Übersicht darüber, welche Aspekte der Informatik etwa in einem zeitlich beschränkten Kurs aus fachlicher Perspektive als Grundlage der digitalen Welt für alle als relevant erachtet werden. In der Mehrheit geben diese Kurse das Ziel an, ein breites Bild des Fachgebietes Informatik zu vermitteln oder informatische Denkweisen zu fördern. Neben den Zielen konnten auch zentrale Themen und Typen eingesetzter Werkzeuge solcher Angebote identifiziert werden. Die gemeinsame Basis aus dieser Untersuchung umfasst die sieben Themenbereiche Algorithmen, Programmierung, Repräsentation von Daten, Computerorganisation, soziale Implikationen, Datennutzung sowie Netzwerke. Je nach formuliertem Ziel kommen zudem weitere Aufbauthemen hinzu.

Diese Ergebnisse wurden in Kapitel 7 schließlich in einem Modell zusammengefasst. Durch die durch informatische Bildung geförderten Kompetenzen, die Übersicht über wichtige Themen und die Anknüpfungspunkte an Fächer bietet das Modell eine Basis für die Ausgestaltung von Bildungsangeboten für informatische Bildung als Grundlage von Bildung in der digitalen Welt, die Analyse bestehender Bildungsangebote oder aber den Austausch zwischen den Disziplinen.

Des Weiteren sollen nun die zentralen Ergebnisse der praxisorientierten Arbeiten anhand der eingangs formulierten Ziele zusammengefasst werden:

- *Ausgestaltung eines Studienangebots für informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrerbildung.* Um informatische Bildung in der allgemeinen Lehrerbildung zu verankern, wurde ein Studienangebot konzipiert. Dazu wurden zunächst theoretisch fundierte Gestaltungsprinzipien und darauf aufbauend fünf informatische Module entwickelt. Anschließend wurde das Studienangebot in mehreren Durchgängen erprobt. Dabei zeigte sich, dass informatische Grundlagen entsprechend für Studierende aller Fächer und Schularten zugänglich aufbereitet werden konnten und auch das Vertrauen der Studierenden in die eigenen Kompetenzen zum Unterrichten in der digitalen Welt gestärkt werden konnte. Als besonders erfolgreich haben sich in der Ausgestaltung eine starke Kontextualisierung in den jeweiligen Fächern, intensives Scaffolding, das Fördern von Kommunikation und Kollaboration, spielerische Zugänge sowie der Einsatz des didaktischen Doppeldeckers herausgestellt. Die Ergebnisse geben damit konkrete Hinweise für die Entwicklung informatischer Studienangebote für Lehramtsstudierende aller Fächer und Schularten.
- *Konzeption von Zugängen für alle für das im Rahmen der digitalen Transformation relevante Thema der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens.* Um Zugänge für künstliche Intelligenz und insbesondere maschinelles Lernen als exemplarisches Thema digitaler Bildung zu konzipieren, wurden zunächst die zugrunde liegenden Ideen des maschinellen Lernens herausgearbeitet. Auf dieser Basis wurde sowohl ein „unplugged“ Ansatz, der keinerlei Erfahrung im Umgang mit Programmierwerkzeugen erfordert, als auch ein werkzeuggestützter Ansatz entwickelt, in dem Lernverfahren sowohl in eigenen Projekten genutzt als auch tatsächlich nachvollzogen werden können. Die Konzepte wurden zudem in verschiedenen Kontexten, etwa regulärem Informatikunterricht, außercurricularen Veranstaltungen, Lehrkräfteworkshops oder Workshops für Erwachsene erprobt und stellen basierend auf diesen Erfahrungen einen Zugang für alle dar. Dementsprechend ist es möglich, die entwickelten und erprobten Materialien auch im Informatikunterricht und darüber hinaus einzusetzen, um Lernenden das Thema künstliche Intelligenz näher zu bringen.

11 Zusammenfassung der Arbeit

- *Gestaltung eines für alle zugänglichen Versionskontrollsystems zur Kollaboration in (schulischen) Softwareprojekten.* Mit dem Ziel, Kollaboration in schulischen Programmierprojekten zu ermöglichen, wurde literaturgestützt ein didaktisch reduziertes Versionskontrollsystem konzipiert und beispielhaft für die Programmiersprache Snap! implementiert. In einer anschließenden Studie konnte gezeigt werden, dass Novizen einen Großteil der Konzepte eines so gestalteten Versionskontrollsystems intuitiv nutzen. Gleichzeitig müssen aber spezifische Aspekte der Kollaboration mithilfe eines solchen Werkzeugs dennoch erlernt werden. Das im Rahmen dieser Forschung entwickelte Werkzeug kann Schülerinnen und Schülern zukünftig im Informatikunterricht helfen, entsprechende soziale und kollaborative Kompetenzen als Teil digitaler Bildung zu erwerben.

11.2 Beitrag und Ausblick

Abschließend soll nun einerseits der Beitrag dieser Arbeit dargestellt und andererseits ein Ausblick auf zukünftige Forschungsdesiderate gegeben werden, die die Ergebnisse dieser Arbeit aufwerfen.

Mit der Arbeit wurde ein wesentlicher Beitrag zur Frage um den Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation geleistet. So wurden die Bereiche herausgearbeitet, in denen informatischer Bildung die Förderung dafür relevanter Kompetenzen zugesprochen wird. Weiterhin wurden einerseits konkrete Inhaltsbereiche für die Ausgestaltung informatischer Bildung für *alle* als Teil von Bildung in der digitalen Transformation und andererseits exemplarisch Anknüpfungspunkte für entsprechende Bildungsangebote identifiziert. Diese Betrachtungen wurden schließlich in einem Modell kulminiert, das die Erstellung und Analyse entsprechender Bildungsangebote leiten kann. Damit wird die Bedeutung informatischer Bildung als Grundlage für fachliche digitale Bildung in allen Schulfächern unterstrichen.

Darüber hinaus konnte ein konkretes Studienangebot für Lehrkräfte aller Fächer und Schularten entwickelt, beforscht und evaluiert werden. Ergebnis dieser Forschungsarbeit sind damit außerdem konkrete Gestaltungsprinzipien für ähnlich gelagerte Studienangebote.

Weiterhin konnten konkrete Werkzeuge und Unterrichtsmaterialien zu Themen und Kompetenzen entwickelt werden, die im Rahmen der digitalen Transformation an Bedeutung gewinnen. Die Unterrichtsmaterialien zu künstlicher Intelligenz bieten einen niederschweligen Zugang zum Thema für den Informatikunterricht und darüber hinaus. Das Versionskontrollsystem Smerge ermöglicht Lernenden die gemeinsame Arbeit an blockbasierten

Softwareprojekten und erlaubt so den Fokus auf kollaborative Prozesse der Softwareentwicklung und das Erlernen der Zusammenarbeit in der digitalen Welt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit werfen weitere konkrete Forschungsdesiderate für den Bereich der Informatikdidaktik auf.

Erstens erscheint es vielversprechend, die Perspektive der anderen Fächer, die in dieser Arbeit bereits in Kapitel 5 aufgegriffen wurde, verstärkt in den Blick zu nehmen. Durch die digitale Transformation und damit durch Informatik bedingte Veränderungen in allen Disziplinen und Schulfächern wird informatische Bildung immer wichtiger. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine erste Untersuchung dieser Veränderungen durchgeführt. Der fortlaufende Transformationsprozess der Schulfächer erfordert jedoch weitere Forschung. So sollten Gemeinsamkeiten und Unterschiede aber auch Kontexte und Beispiele unter Einbindung anderer Fachdidaktiken analysiert und damit entsprechende Bedarfe informatischer Bildung für alle identifiziert werden.

Weiterhin bedarf es einer Konkretisierung der inhaltlichen Ausgestaltung informatischer Bildungsangebote im Kontext von Bildung in der digitalen Transformation. Im Rahmen dieser Arbeit wurden dazu Inhaltsbereiche identifiziert, die bereits in der Ausgestaltung des Studienangebotes digi4all exemplarisch operationalisiert wurden. Daran anschließend können die identifizierten Inhaltsbereiche nun durch konkrete Kompetenzformulierungen präzisiert werden.

Zuletzt ergeben sich auch aus den praxisorientierten Arbeiten konkrete Anknüpfungspunkte für weitere informatikdidaktische Forschung. Aus Sicht der allgemeinen Lehrerbildung sollten weitere Angebote für informatische Bildung geschaffen werden, die niederschwellige Zugänge bieten und informatische Themen in Anwendungen und Fragestellungen anderer Fächer einbetten. Gleichzeitig bedarf es entsprechender Untersuchungen, ob und inwieweit sich die Erkenntnisse dieser Arbeit auf die Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften übertragen lassen. Damit einhergehend besteht auch weiterhin eine Notwendigkeit, informatische Themen und Werkzeuge, die im Rahmen von Bildung in der digitalen Transformation bedeutsam sind, für *alle* zugänglich zu machen und in andere Disziplinen und Fächer einzubetten.

Zusammenfassend schafft diese Arbeit eine Basis für weitere Forschung im Bereich informatischer Bildung als Grundlage für Bildung in der digitalen Transformation und trägt mit ihren theoretisch-analytischen Arbeiten zur Debatte bei, welchen Beitrag informatische Bildung zu „digitaler Bildung“ leisten kann und welche Themenbereiche in diesem Rahmen für *alle* relevant sind. Mit den praxisorientierten Arbeiten adressiert sie zudem konkrete Herausforderungen in der digitalen Welt, indem konkrete Materialien, Konzepte bzw. Werkzeuge entwickelt wurden, die helfen, entsprechende informatische Grundlagen einem

11 Zusammenfassung der Arbeit

großen Kreis von Lernenden zugänglich zu machen und die so informatische Bildung als Grundlage einer Bildung in der digitalen Transformation für *alle* ausgestalten.

Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

Alle gegebenenfalls angegebenen Weblinks wurden zuletzt überprüft am 29.03.2020.

- Adloff, Fanny et al. (Aug. 2018). „Improving sea level simulation in Mediterranean regional climate models“. In: *Climate Dynamics* 51.3, S. 1167–1178 (siehe S. 69).
- Adolf, Marian (2014). „Involuntaristische Mediatisierung. Big Data als Herausforderung einer informationalisierten Gesellschaft“. In: *Datenflut und Informationskanäle*. Hrsg. von Heike Ortner et al. Innsbruck University Press, S. 19–35 (siehe S. 71).
- Ajayakumar, Jayakrishnan und Ghazinour, Kambiz (2017). „I am at home: Spatial Privacy Concerns with Social Media Check-ins“. In: *Procedia computer science* 113, S. 551–558 (siehe S. 69).
- Albers, Carsten, Magenheimer, Johannes und Meister, Dorothee M. (2011). *Schule in der digitalen Welt – Medienpädagogische Ansätze und Schulforschungsperspektiven*. Bd. 8. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (siehe S. 11).
- Andrews, Daniel Coloma (2016). „Qualitative Argumentationsanalyse als Methode der empirischen Sozialforschung“. Dissertation. Universitätsbibliothek Ruhr-Universität Bochum (siehe S. 43).
- Arnold, Patricia (2005). *Einsatz digitaler Medien in der Hochschullehre aus lerntheoretischer Sicht*. Online abrufbar unter <http://www.e-teaching.org/didaktik/theorie/lerntheorie/arnold.pdf> (siehe S. 114, 115).
- Arnold, Patricia et al. (2004). *E-Learning-Handbuch für Hochschulen und Bildungszentren: Didaktik, Organisation, Qualität*. BW Bildung u. Wissen (siehe S. 115).
- Baecker, Dirk (2007). *Studien zur nächsten Gesellschaft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp (siehe S. 11).
- Balzert, Helmut, Balzert, Heide und Zwintzschner, Olaf (2004). „Die E-Learning-Plattform W3L“. In: *Wirtschaftsinformatik* 46.2, S. 129–138 (siehe S. 112).
- Bandura, Albert (1994). „Self-efficacy“. In: *Encyclopedia of human behavior*. Hrsg. von V. S. Ramachandran. New York, NY, USA: Academic Press, S. 71–81 (siehe S. 114).
- (1997). *Self-efficacy: The Exercise of Control*. New York, NY, USA: Worth (siehe S. 114).
- Banerji, A, Dörschelln, Jennifer und Schwarz, Daniela (2018). „Organische Leuchtdioden im Chemieunterricht: Vom Forschungslabor ins Klassenzimmer“. In: *Chemie in unserer Zeit* 52.1, S. 34–41 (siehe S. 81).
- Bauer, Wilhelm, Herkommer, Oliver und Schlund, Sebastian (2015). „Die Digitalisierung der Wertschöpfung kommt in deutschen Unternehmen an: Industrie 4.0 wird unsere Arbeit verändern“. In: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 110.1-2, S. 68–73 (siehe S. 10).
- Bayer, Klaus (2007). *Argument und Argumentation: Logische Grundlagen der Argumentationsanalyse*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (siehe S. 40).

- Becker, Sebastian et al. (2020). „Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften-DiKoLAN“. In: *Digitale Basiskompetenzen-eine Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, S. 14–43 (siehe S. 81).
- Behrendt, Hauke et al. (2019). *Privatsphäre 4. 0: Eine Neuverortung des Privaten Im Zeitalter der Digitalisierung*. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag (siehe S. 10).
- Bell, Tim, Morgan, Jack und Duncan, Caitlin (2013). *Computer Science Field Guide*. Online abrufbar unter <http://www.cosc.canterbury.ac.nz/csfieldguide> (siehe S. 117, 119, 261).
- Bell, Tim, Rosamond, Frances und Casey, Nancy (2012). „Computer Science Unplugged and Related Projects in Math and Computer Science Popularization“. In: *The Multivariate Algorithmic Revolution and Beyond*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 398–456 (siehe S. 150).
- Bell, Tim, Tymann, Paul und Yehudai, Amiram (2011). *The Big Ideas of K-12 Computer Science Education*. Online abrufbar unter <https://www.canterbury.ac.nz/media/documents/oexp-engineering/BigIdeas-webdocument.pdf> (siehe S. 89).
- Bell, Tim, Tymann, Paul, Yehudai, Amiram et al. (2018). „The Big Ideas in Computer Science for K-12 Curricula“. In: *Bulletin of EATCS 1.124* (siehe S. 87, 144).
- Bell, Tim, Tymann, Paul und Yehudai, Amiram (Feb. 2018). „The Big Ideas of K-12 Computer Science Education“. In: *Bulletin of EATCS 124* (siehe S. 98).
- Bergner, Nadine (2016). „Konzeption eines Informatik-Schülerlabors und Erforschung dessen Effekte auf das Bild der Informatik bei Kindern und Jugendlichen“. Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2015. Dissertation. Aachen: Technische Hochschule Aachen (siehe S. 133).
- Bernstein, Jonathan et al. (1999). „Low-noise MEMS vibration sensor for geophysical applications“. In: *Journal of microelectromechanical systems* 8.4, S. 433–438 (siehe S. 69).
- Bethge, Bernd et al. (2003). „Informatikunterricht für alle! Ludwigsfelder Thesen“. In: *LOG IN* Heft 124, S. 33 (siehe S. 39).
- Biundo, Susanne, Claus, Volker und Mayr, Heinrich (2006). *Was ist Informatik? – Unser Positionspapier*. Online abrufbar unter <https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/was-ist-informatik-lang.pdf>. Bonn (siehe S. 3, 68).
- Blikstein, Paulo und Moghadam, Sepi Hejazi (2019). „Computing Education Literature Review and Voices from the Field“. In: *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*. Hrsg. von Sally A. Fincher und Anthony V. Robins. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge University Press, S. 56–78 (siehe S. 39).
- Blumstengel, Astrid (1998). „Entwicklung hypermedialer Lernsysteme“. Diss. Berlin: Universität Paderborn (siehe S. 115).
- Bond, Gregory W (2005). „Software as art“. In: *Communications of the ACM* 48.8, S. 118–124 (siehe S. 71).
- Bontá, Paula, Papert, Artemis und Silverman, Brian (2010). „Turtle, art, turtleart“. In: *Proceedings of Constructionism 2010 Conference The 12th EuroLogo Conference*. Paris, France:

- Library, Publishing Centre, Faculty of Mathematics, Physics und Informatics, Comenius University (siehe S. 116).
- Bos, Wilfried et al. (2014). *ICILS 2013. Computer-und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Waxmann: Münster [ua] (siehe S. 21).
- Bourgonjon, Jeroen, Vandermeersche, Geert und Rutten, Kris (2017). „Perspectives on Video Games as Art“. In: *CLCWeb: Comparative Literature and Culture* 19.4, S. 1 (siehe S. 71).
- Boyer, Kristy Elizabeth et al. (Juni 2008). „A Development Environment for Distributed Synchronous Collaborative Programming“. In: *SIGCSE Bulletin* 40.3, S. 158–162 (siehe S. 169).
- Brought, Grant, Wahls, Tim und Eby, L Marlin (2011). „The case for pair programming in the computer science classroom“. In: *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 11.1, S. 1–21 (siehe S. 169).
- Braun, Norman und Saam, Nicole J. (2015). *Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*. Wiesbaden: Springer VS (siehe S. 70).
- Brézillon, Patrick (1999). „Context in Artificial Intelligence: I. A survey of the literature“. In: *Computers and artificial intelligence* 18.4, S. 321–340 (siehe S. 142).
- Brichzin, Peter, Kastl, Petra und Romeike, Ralf (2019). *Agile Schule – Methoden für den Projektunterricht in der Informatik und darüber hinaus*. Bern, Schweiz: hep Verlag (siehe S. 167, 169, 170, 172, 173, 179, 182).
- Brichzin, Peter und Rau, Thomas (2015). „Repositories zur Unterstützung von kollaborativen Arbeiten in Softwareprojekten“. In: *INFOS 2015 – Informatik allgemeinbildend begreifen*, S. 73–82 (siehe S. 172).
- Brinda, Torsten (2016). *Stellungnahme zum KMK-Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“*. Online abrufbar unter <https://fb-iad.gi.de/fileadmin/FB/IAD/Dokumente/gi-fbiad-stellungnahme-kmk-strategie-digitale-bildung.pdf>, Gesellschaft für Informatik e.V. Bonn (siehe S. 4, 13, 22).
- Brinda, Torsten, Brüggem, Niels et al. (2019). *Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt*. Online abrufbar unter <https://dagstuhl.gi.de/frankfurt-dreieck>. Bonn (siehe S. 18).
- Brinda, Torsten, Diethelm, Ira et al. (2016). *Bildung in der digitalen vernetzten Welt – Dagstuhl-Erklärung*. Online abrufbar unter <https://www.gi.de/aktuelles/meldungen/detailansicht/article/dagstuhl-erklaerung-bildung-in-der-digitalen-ernetzten-welt.html>. Bonn (siehe S. 12, 17, 83, 144).
- Brinda, Torsten, Fothe, Michael et al. (2008). *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I*. Beilage zur LOG IN, 28. Jg. (2008), Heft Nr. 150/151 (siehe S. 167).
- Brockman, Greg et al. (2016). „OpenAI Gym“. In: *arXiv preprint arXiv:1606.01540* (siehe S. 148, 157).

- Broecker, Peter, Assaad, Fakher F und Trebst, Simon (2017). „Quantum phase recognition via unsupervised machine learning“. In: *arXiv preprint arXiv:1707.00663* (siehe S. 69).
- Bröker, Kathrin, Kastens, Uwe und Magenheim, Johannes (2015). „Competences of Undergraduate Computer Science Students“. In: *KEYCIT 2014 - Key Competencies in Informatics and ICT*. Potsdam, Deutschland: Universitätsverlag Potsdam, S. 77–96 (siehe S. 89, 93, 98).
- Broll, Brian und Ledeczi, Akos (2017). „Distributed Programming with NetsBlox is a Snap! (Abstract Only)“. In: *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '17. Seattle, Washington, USA: ACM, S. 640–640 (siehe S. 169).
- Broll, Brian, Lédeczi, Akos et al. (2017). „A visual programming environment for learning distributed programming“. In: *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. ACM, S. 81–86 (siehe S. 174).
- Bruner, Jerome (1978). „The role of dialogue in language acquisition“. In: *The child's conception of language*. New York: Springer-Verlag, S. 241–256 (siehe S. 113).
- Bruner, Jerome Seymour (1966). „On cognitive growth“. In: *Studies in cognitive growth*. Hoboken, NJ, USA: Wiley, S. 1–29 (siehe S. 150).
- Bruno, Rodrigues (2016). „Version control systems to facilitate research collaboration in economics“. In: *Computational Economics* 48.3, S. 547–553 (siehe S. 170).
- Brynjolfsson, Erik und McAfee, Andrew (2014). *The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird*. Kulmbach: Plassen Verlag (siehe S. 10).
- Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V. und Verband der chemischen Industrie e.V. (2018). „Digitale Bildung – Positionen und Forderungen der chemischen Industrie“. Online abrufbar unter www.vci.de/langfassungen/langfassungen-pdf/2018-02-12-vci-bavc-digitale-bildung-positionen-forderungen-chemische-industrie.docx (siehe S. 3).
- Bundesregierung (2018). „Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung“. Online abrufbar unter https://www.bmbf.de/files/Nationale_KI-Strategie.pdf (siehe S. 141).
- Camacho, Diogo M. et al. (2018). „Next-generation machine learning for biological networks“. In: *Cell* 173.7, S. 1581–1592 (siehe S. 69).
- Cardie, Claire und Wilkerson, John (2008). „Text Annotation for Political Science Research“. In: *Journal of Information Technology & Politics* 5.1, S. 1–6. eprint: <https://doi.org/10.1080/19331680802149590> (siehe S. 70).
- Case, Denise M, Eloë, Nathan W und Leopold, Jennifer L (2016). „Scaffolding Version Control into the Computer Science Curriculum“. In: *Proceedings of the 2016 International Workshop on Distance Education Technology (in conjunction with the 22nd International Conference on Distributed Multimedia Systems (DMS16))*. Salerno, Italy: Knowledge Systems Institute Graduate School, S. 175–183 (siehe S. 169).
- Caspersen, Michael E. et al. (Feb. 2018). *Informatics for All – The strategy*. Techn. Ber. New York, NY, USA (siehe S. 3, 39, 74).

- Castells, Manuel (2017). *Der Aufstieg der Netzwerkgesellschaft: Das Informationszeitalter. Wirtschaft. Gesellschaft. Kultur*. Bd. 1. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (siehe S. 11).
- Chai, Ching Sing, Koh, Joyce Hwee Ling und Tsai, Chin-Chung (2010). „Facilitating pre-service teachers’ development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK)“. In: *Journal of Educational Technology & Society* 13.4, S. 63–73 (siehe S. 34).
- Christakis, Nicholas A (2013). „Let’s shake up the social sciences“. In: *The New York Times* 19 (siehe S. 69).
- Clement, Reiner (2009). „Ökonomie der digitalen Wirtschaft“. In: *Forschungsspitzen und Spitzenforschung*. Heidelberg: Physica-Verlag HD, S. 17–26 (siehe S. 70).
- Cobo, Luis Carlos et al. (2011). „Automatic state abstraction from demonstration“. In: *Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Palo Alto, CA: AAAI Press (siehe S. 157).
- Cohen, Jacob (1992). „A power primer.“ In: *Psychological bulletin* 112.1, S. 155–159 (siehe S. 129, 131, 133).
- Computing at School (2014). *Barefoot: Computational thinking*. Online abrufbar unter <http://barefootcas.org.uk/barefoot-primary-computing-resources/concepts/computational-thinking> (siehe S. 47, 57, 61).
- Cousins, J Bradley und Walker, Cheryl A (2000). „Predictors of Educators’ Valuing of Systematic Inquiry in Schools.“ In: *Canadian Journal of Program Evaluation (Special Issue)*, S. 25–52 (siehe S. 114).
- Criblez, Lucien und Manz, Karin (2015). „Schulfächer: Die konstituierenden Referenzgrößen der Fachdidaktiken im Wandel“. In: *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung* 33.2, S. 200–214 (siehe S. 67, 74).
- CSTA (2017). *About the CSTA K-12 Computer Science Standards*. Online abrufbar unter <https://www.csteachers.org/page/standards> (siehe S. 141).
- Dasgupta, Sayamindu et al. (2016). „Remixing as a Pathway to Computational Thinking“. In: *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing*. CSCW ’16. San Francisco, California, USA: Association for Computing Machinery, S. 1438–1449 (siehe S. 116).
- Dauth, Wolfgang et al. (Sep. 2017). *German robots: The impact of industrial robots on workers*. IAB-Discussion Paper 30/2017. Techn. Ber. Nürnberg (siehe S. 10).
- Dengel, Andreas (2017). „Opinions of CS Teachers in Secondary School Education about CS in Primary School Education“. In: *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE ’17. Nijmegen, Netherlands: Association for Computing Machinery, S. 97–98 (siehe S. 108).
- Dengel, Andreas und Heuer, Ute (2018). „A Curriculum of Computational Thinking As a Central Idea of Information & Media Literacy“. In: *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE ’18. Potsdam, Germany: ACM, 20:1–20:6 (siehe S. 108).

- Dengler, Katharina und Matthes, Britta (Dez. 2018). „The impacts of digital transformation on the labour market: Substitution potentials of occupations in Germany“. In: *Technological Forecasting and Social Change* 137, S. 304–316 (siehe S. 10).
- Denning, Peter J. (2003). „Great Principles of Computing“. In: *Communications of the ACM - Blueprint for the future of high-performance networking* 46.11, S. 15–20 (siehe S. 86).
- Denning, Peter J. und Martell, Craig H. (2015). *Great principles of computing*. Cambridge, MA, US: MIT Press (siehe S. 87, 88).
- Deutsche Gesellschaft für Soziologie (2018). *Kurzportrait der Sektion Modellbildung und Simulation*. Online abrufbar unter <https://soziologie.de/sektionen/modellbildung-und-simulation/kurzportrait-der-sektion> (siehe S. 70).
- Dewitt, Dorothy, Alias, Norlidah und Siraj, Saedah (2015). „Collaborative learning: Interactive debates using padlet in a higher education institution“. In: *International Educational Technology Conference (IETC 2015)*. Istanbul, Turkey (siehe S. 261).
- Diethelm, Ira und Brinda, Torsten (2016). *Haus der digitalen Bildung*. Online abrufbar unter <https://www.uni-oldenburg.de/ddi/forschungsgebiete-und-projekte/bildung-inder-digitalen-welt>. Oldenburg (siehe S. 18).
- Diethelm, Ira und Glücks, Sebastian (2019). „Analyse von Curricula auf Abdeckung der Kompetenzen zur Bildung in der digitalen Welt“. In: *Informatik für alle*. Hrsg. von Arno Pasternak. Bonn: Gesellschaft für Informatik, S. 69–78 (siehe S. 39).
- DigCompEdu Autorengruppe (2018). *Europäischer Rahmen für die Digitale Kompetenz von Lehrenden*. Online abrufbar unter https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/digcompedu_leaflet_de-2018-09-21pdf (siehe S. 28).
- Döbeli Honegger, Beat (2016). *Mehr als 0 und 1: Schule in einer digitalisierten Welt*. Bern, Schweiz: hep (siehe S. 4, 11, 41, 44, 45, 57, 126, 128).
- (2018). *Deutsch und Digitalisierung: Ein Vortrag mit Venn & Aber*. Vortrag auf der 33. Jahrestagung der AG Medien im Symposium Deutschdidaktik, LMU München, 22.06.2018, online abrufbar unter <https://beat.doebe.li/talks/muenchen18/sld049.htm> (siehe S. 34).
- (2020). *DPCK statt TPCK*. Blog-Artikel, Version 7, online abrufbar unter <http://blog.doebe.li/Blog/DPCKstattTPCK> (siehe S. 35).
- Döbeli Honegger, Beat und Hielscher, Michael (2017). „Vom Lehrplan zur LehrerInnenbildung - Erste Erfahrungen mit obligatorischer Informatikdidaktik für angehende Schweizer PrimarlehrerInnen“. In: *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Hrsg. von Arno Pasternak. Bonn: Gesellschaft für Informatik, S. 97–107 (siehe S. 108, 110, 125).
- Döbeli Honegger, Beat und Merz, Thomas (2015). „Fachdidaktik Medien und Informatik. Ein Beitrag zur Standortbestimmung“. In: *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung* 33.2, S. 256–263 (siehe S. 18).
- Dörge, Christina (2013). „Informatische Schlüsselkompetenzen“. Dissertation. Universität Potsdam (siehe S. 42).

- Döring, Nicola und Bortz, Jürgen (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Wiesbaden: Springer (siehe S. 56).
- Dörn, Sebastian (2018). *Programmieren für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Berlin, Heidelberg: Springer (siehe S. 68).
- Druga, Stefania (2018). „Growing up with AI: Cognimates: from coding to teaching machines“. Online abrufbar unter <http://hdl.handle.net/1721.1/120691>. Magisterarb. Massachusetts Institute of Technology (siehe S. 143).
- Druga, Stefania, Williams, Randi, Breazeal, Cynthia et al. (2017). „Hey Google is it OK if I eat you?: Initial Explorations in Child-Agent Interaction“. In: *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*. ACM. New York, NY, USA, S. 595–600 (siehe S. 143).
- Druga, Stefania, Williams, Randi, Park, Hae Won et al. (2018). „How smart are the smart toys?: children and parents’ agent interaction and intelligence attribution“. In: *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. ACM. New York, NY, USA, S. 231–240 (siehe S. 143).
- Duschl, Richard A., Ellenbogen, Kirsten und Erduran, Sibel (1999). „Promoting Argumentation in Middle School Science Classrooms: A Project SEPIA Evaluation.“ In: *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Boston, MA, USA (siehe S. 45).
- Ebenezer, Jazlin und Puvirajah, Anton (2005). „WebCT dialogues on particle theory of matter: Presumptive reasoning schemes“. In: *Educational Research and Evaluation* 11.6, S. 561–589 (siehe S. 45).
- Eisenhardt, Kathleen M. (1989). „Building theories from case study research“. In: *Academy of management review* 14.4, S. 532–550 (siehe S. 77).
- Engel, Andreas und Möhring, Michael (1995). „Der Beitrag der sozialwissenschaftlichen Informatik zur sozialwissenschaftlichen Modellbildung und Simulation“. In: *Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften*, S. 39–60 (siehe S. 69).
- Ertel, Wolfgang (2016). *Grundkurs Künstliche Intelligenz: Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer-Verlag (siehe S. 142).
- Feng, Vanessa Wei und Hirst, Graeme (Juni 2011). „Classifying arguments by scheme“. In: *Proceedings of the 49th annual meeting of the association for computational linguistics: Human language technologies*. Portland, Oregon, USA, S. 987–996 (siehe S. 45).
- Ferrari, Anusca (2012). *Digital competence in practice: An analysis of frameworks*. Techn. Ber. Luxembourg (siehe S. 15, 21).
- Fisker, Kasper et al. (2008). „Group work support for the BlueJ IDE“. In: *Proceedings of the 13th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE’08)*. ACM. New York, NY, USA, S. 163–168 (siehe S. 170, 173, 176).
- Flecker, Jörg, Schönauer, Annika und Riesenecker-Caba, Thomas (2016). „Digitalisierung der Arbeit: Welche Revolution“. In: *WISO* 4.2016, S. 18–34 (siehe S. 11).

- Fleischmann, Monika und Strauss, Wolfgang (2008). „Interaktive Kunst als Reflektion medialer Entwicklung“. In: *Informatik-Spektrum* 31.1, S. 12–20 (siehe S. 71).
- Fluck, Andrew E. et al. (2016). „Arguing for computer science in the school curriculum.“ In: *Journal of Educational Technology & Society* 19.3, S. 38–46 (siehe S. 39).
- Fölling-Albers, Maria, Hartinger, Andreas und Mörtl-Hafizovic, Dženana (2004). „Situiertes Lernen in der Lehrerbildung“. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 50.5, S. 727–747 (siehe S. 113).
- Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern (2017). „Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt“. In: *Merz Medien+ Erziehung: Zeitschrift für Medienpädagogik* 4, S. 65–74 (siehe S. 4, 30, 57).
- Frey, Karl (1983). „Die sieben Komponenten der Projektmethode – Mit Beispielen aus dem Schulfach Informatik“. In: *LOG IN* 3.2, S. 16–20 (siehe S. 167).
- Froschauer, Ulrike und Lueger, Manfred (2003). „Das qualitative Interview“. In: *Zur Praxis interpretativer Analyse sozialer Systeme* (siehe S. 77).
- Gallenbacher, Jens (2017). „Allgemeinbildung in der digitalen, gestalteten Lebenswelt“. In: *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 19–28 (siehe S. 75).
- Gallenbacher, Jens, Gose, Karola und Heun, Dominik (2015). „Gestrandet auf der Schatzinsel - Schätze heben mit Informatik in der Grundschule“. In: *Informatik allgemeinbildend begreifen, INFOS 2015, 16. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 20.-23. September 2015, Darmstadt, Germany*, S. 101–109 (siehe S. 150).
- Garcia, Dan, Harvey, Brian und Barnes, Tiffany (2015). „The beauty and joy of computing“. In: *ACM Inroads* 6.4, S. 71–79 (siehe S. 112).
- Garcia, Daniel, Harvey, Brian und Segars, Luke (2012). „CS principles pilot at University of California, Berkeley“. In: *ACM Inroads* 3.2, S. 58–60 (siehe S. 113, 150).
- Gardner, Martin (1962). „Mathematical games – How to build a game-learning machine and then teach it to play and to win“. In: *Scientific American* March 62 (siehe S. 144, 150, 162).
- Geldreich, Katharina, Funke, Alexandra und Hubwieser, Peter (2017). „Willkommen im Programmierzirkus - Ein Programmierkurs für Grundschulen“. In: *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt, Proceedings der 17. GI-Fachtagung Informatik und Schule, INFOS 2017, 13.-15. September 2017, Oldenburg*, S. 327–334 (siehe S. 150).
- Geldreich, Katharina, Talbot, Mike und Hubwieser, Peter (2018). „Off to New Shores: Preparing Primary School Teachers for Teaching Algorithmics and Programming“. In: *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE '18*. Potsdam, Germany: Association for Computing Machinery (siehe S. 114).
- Gerner, Verena (2019). „Digitale Kompetenz bei Pädagogischen Professionals fördern“. Dissertation. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) (siehe S. 110, 112).
- Gesellschaft für Informatik (2016). „Informatik als Treiber für E-Science – Positionspapier der Gesellschaft für Informatik e.V.“ Online abrufbar unter <https://gi.de/fileadmin/>

- GI/Hauptseite/Netzwerk/Praesidiumsarbeitskreise/E-Science/Positionspapier_E-Science.pdf (siehe S. 3, 71).
- Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur (2016). „Stellungnahme der Gesellschaft für Medienpädagogik und Kommunikationskultur (GMK) zum Strategiepapier der KMK "Bildung in der digitalen Welt"“. Online abrufbar unter https://www.gmk-net.de/wp-content/t3archiv/fileadmin/pdf/GMK-Stellungnahme_zum_KMK-Strategie-Entwurf.pdf (siehe S. 13, 22).
- GFD (2018). „Fachliche Bildung in der digitalen Welt - Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik“. Online abrufbar unter <http://www.fachdidaktik.org/wp-content/uploads/2018/07/GFD-Positionspapier-Fachliche-Bildung-in-der-digitalen-Welt-2018-FINAL-HP-Version.pdf> (siehe S. 3, 13, 21, 39, 67, 76).
- Gilbert, Nigel und Doran, Jim (2018). *Simulating societies: the computer simulation of social phenomena*. Abingdon-on-Thames, Vereinigtes Königreich: Routledge (siehe S. 70).
- Glaab, Manuela (2018). „„Mediendemokratie revisited“ – Überlegungen zum Spannungsverhältnis von Politik, Medien und Öffentlichkeit“. In: *Von der Bonner zur Berliner Republik*. Nomos Verlagsgesellschaft. Baden-Baden, S. 157–168 (siehe S. 70).
- Glassy, Louis (2006). „Using version control to observe student software development processes“. In: *Journal of Computing Sciences in Colleges* 21.3, S. 99–106 (siehe S. 172, 173).
- Gokus, Susanne, Ortloff, Luise und Lange, Thomas (2019). „Bildung in der digitalen Transformation“. In: *Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbänden*. Wiesbaden: Springer Spektrum, S. 65–75 (siehe S. 10).
- Goldman, Max, Little, Greg und Miller, Robert C. (2011). „Collabode: Collaborative Coding in the Browser“. In: *Proceedings of the 4th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*. CHASE '11. Waikiki, Honolulu, HI, USA: ACM, S. 65–68 (siehe S. 169).
- Golowich, Noah, Narasimhan, Harikrishna und Parkes, David C. (2018). „Deep Learning for Multi-Facility Location Mechanism Design“. In: *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18)*, S. 261–267 (siehe S. 70).
- Greenberg, Ira, Kumar, Deepak und Xu, Dianna (2012). „Creative Coding and Visual Portfolios for CS1“. In: *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '12. Raleigh, NC, USA: Association for Computing Machinery, S. 247–252 (siehe S. 116).
- Greenwood, Jeremy (1997). *The third industrial revolution: technology, productivity, and income inequality*. 435. Washington D.C., USA: American Enterprise Institute (siehe S. 10).
- Gretsch, Stéphanie, Hense, Jan und Mandl, Heinz (2010). „Evaluation eines Schulungsprogramms zur Ausbildung von E-Tutoren“. In: *Evaluation von eLernprozessen*, S. 143–169 (siehe S. 126).
- Grillenberger, Andreas (2019). „Von Datenmanagement zu Data Literacy: Informatikdidaktische Aufarbeitung des Gegenstandsbereichs Daten für den allgemeinbildenden Schulunterricht“. Diss. Freie Universität Berlin (siehe S. 32, 83).

- Grillenberger, Andreas und Romeike, Ralf (2014). „A Comparison of the Field Data Management and its Representation in Secondary CS Curricula“. In: *Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. New York, NY, USA: ACM, S. 29–36 (siehe S. 93).
- Groß, Jürgen (2010). *Grundlegende Statistik mit R*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (siehe S. 62).
- Guzdial, Mark (2010). „Does contextualized computing education help?“ In: *ACM Inroads* 1.4, S. 4–6 (siehe S. 113).
- Haaranen, Lassi und Lehtinen, Teemu (2015). „Teaching Git on the Side: Version Control System As a Course Platform“. In: *Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. ITiCSE '15. Vilnius, Lithuania: ACM, S. 87–92 (siehe S. 168, 173).
- Haefner, Klaus (1982). *Die neue Bildungskrise: Herausforderung der Informationstechnik an Bildung und Ausbildung*. Basel, Schweiz: Birkhäuser Basel (siehe S. 12).
- Hartmann, Werner und Hundertpfund, Alois (2015). *Digitale Kompetenz – Was die Schule dazu beitragen kann*. Bern, Schweiz: hep (siehe S. 16).
- Heinen, Richard und Kerres, Michael (2017). „»Bildung in der digitalen Welt« als Herausforderung für Schule“. In: *Die Deutsche Schule* 109.2, S. 128–145 (siehe S. 11, 12).
- Heinze, Clint Andrew, Haase, Janet und Higgins, Helen (2010). „An action research report from a multi-year approach to teaching artificial intelligence at the k-6 level“. In: *First AAAI Symposium on Educational Advances in Artificial Intelligence*. Palo Alto, CA: AAAI Press (siehe S. 141).
- Hewner, Michael und Guzdial, Mark (2008). „Attitudes about Computing in Postsecondary Graduates“. In: *Proceedings of the Fourth International Workshop on Computing Education Research*. ICER '08. Sydney, Australia: Association for Computing Machinery, S. 71–78 (siehe S. 113).
- Heymann, Hans Werner (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik*. Weinheim: Beltz (siehe S. 41).
- Holcomb, Sean D. et al. (2018). „Overview on DeepMind and Its AlphaGo Zero AI“. In: *Proceedings of the 2018 International Conference on Big Data and Education*. ICBDE '18. Honolulu, HI, USA: Association for Computing Machinery, S. 67–71 (siehe S. 156).
- Hristov, Kalin (2017). „Artificial Intelligence and the Copyright Dilemma“. In: *IDEA: The IP Law Review* 57.3, S. 431–454 (siehe S. 71).
- Hubwieser, Peter et al. (2015). „A Global Snapshot of Computer Science Education in K-12 Schools“. In: *Proceedings of the 2015 ITiCSE on Working Group Reports*. New York, NY, USA: ACM, S. 65–83 (siehe S. 89, 91, 98).
- Hussy, Walter, Schreier, Margrit und Echterhoff, Gerald (2010). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (siehe S. 57).

- Huwer, Johannes, Banerji, Amitabh und Thyssen, Christoph (2020). „Digitalisierung – Perspektiven für den Chemieunterricht“. In: *Nachrichten aus der Chemie* 68.10, S. 10–16 (siehe S. 75).
- Huwer, Johannes, Irion, Thomas et al. (2019). „From TPaCK to DPaCK–Digitalization in Education Requires more than Technical Knowledge“. In: *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology 2019*, S. 298–309 (siehe S. 35).
- Iske, Stefan et al. (2020). „Digitale Transformationen von Bildung, Kultur und Gesellschaft – Perspektiven auf das Verhältnis von Datafizierung und Bildung“. In: *Big Data, Datafizierung und digitale Artefakte*. Wiesbaden: Springer VS – Verlag für Sozialwissenschaften, S. 1–12 (siehe S. 12).
- Isomöttönen, Ville und Cochez, Michael (2014). „Challenges and Confusions in Learning Version Control with Git“. In: *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications*. Hrsg. von Vadim Ermolayev et al. Cham: Springer International Publishing, S. 178–193 (siehe S. 172, 173).
- Israel, Maya et al. (2016). „Assessing collaborative computing: development of the Collaborative-Computing Observation Instrument (C-COI)“. In: *Computer Science Education* 26.2-3, S. 208–233 (siehe S. 169).
- Jahn, Benedikt und Pfeiffer, Markus (2014). „Die digitale Revolution—Neue Geschäftsmodelle statt (nur) neue Kommunikation“. In: *Marketing Review St. Gallen* 31.1, S. 79–93 (siehe S. 70).
- Jannidis, Fotis, Kohle, Hubertus und Malte, Rehbein (2017). *Digital Humanities. Eine Einführung*. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag (siehe S. 70, 71).
- Jarke, Matthias (2020). „Vom Bindestrich zur Digitalisierung: Interdisziplinarität in der Informatik“. In: *Informatik Spektrum* 43.4, S. 272–275 (siehe S. 68).
- Jatzlau, Sven, Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (18.–18. Okt. 2019). „The Five Million Piece Puzzle: Finding Answers in 500,000 Snap!-Projects.“ In: *2019 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)*. Memphis, TN, USA: IEEE (siehe S. 189).
- Jeffery, Joseph (2010). „Breaking the Mold: Why Computer Science Needs to Be a Fundamental Science within the BC Curriculum“. In: *Proceedings of the 15th Western Canadian Conference on Computing Education*. WCCCE '10. Kelowna, British Columbia, Canada: Association for Computing Machinery (siehe S. 39).
- Jernigan, Carter und Mistree, Behram FT (2009). „Gaydar: Facebook friendships expose sexual orientation“. In: *First Monday* 14.10 (siehe S. 71).
- Jörissen, Benjamin, Kröner, Stephan und Unterberg, Lisa (2019). *Forschung zur Digitalisierung in der Kulturellen Bildung*. München: kopaed (siehe S. 12).
- Kagermann, Henning (2017). „Chancen von Industrie 4.0 nutzen“. In: *Handbuch Industrie 4.0 Bd. 4*. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 237–248 (siehe S. 11).
- Kahn, Ken und Winters, Niall (2017). „Child-friendly Programming Interfaces to AI Cloud Services“. In: *Data Driven Approaches in Digital Education – European Conference on Technology Enhanced Learning*. Springer. Cham, S. 566–570 (siehe S. 143).

- Kandlhofer, Martin et al. (2016). „Artificial Intelligence and Computer Science in Education: From Kindergarten to University“. In: *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE. Erie, PA, USA, S. 1–9 (siehe S. 141).
- Kassambara, Alboukadel und Mundt, Fabian (2017). *Package 'factoextra': Extract and visualize the results of multivariate data analyses*. Online abrufbar unter <https://mran.revolutionanalytics.com/snapshot/2016-11-01/web/packages/factoextra/factoextra.pdf> (siehe S. 62).
- Kastl, Petra und Romeike, Ralf (2015). „'Now They Just Start Working, and Organize Themselves' First Results of Introducing Agile Practices in Lessons“. In: *Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. WiPSCE '15. London, Vereinigtes Königreich: ACM, S. 25–28 (siehe S. 167, 179).
- Kelleher, Caitlin und Pausch, Randy (Juni 2005). „Lowering the Barriers to Programming: A Taxonomy of Programming Environments and Languages for Novice Programmers“. In: *ACM Computing Surveys (CSUR)* 37.2, S. 83–137 (siehe S. 92, 97, 260).
- Kerner, Immo O. (1990). „Der Bildungskern der Informatik“. In: *Computer in der Schule*. Bd. 3. Stuttgart: Vieweg+Teubner Verlag, S. 189–200 (siehe S. 39).
- Kinnunen, Paivi und Simon, Beth (2010). „Experiencing Programming Assignments in CS1: The Emotional Toll“. In: *Proceedings of ICER'10*. Aarhus, Denmark: ACM, S. 77–86 (siehe S. 110).
- Kleinsteuber, Hans J. (2013). *Aktuelle Medientrends in den USA: Journalismus, politische Kommunikation und Medien im Zeitalter der Digitalisierung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (siehe S. 10).
- Knobelsdorf, Maria und Schulte, Carsten (2007). „Das informatische Weltbild von Studierenden“. In: *Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis – INFOS 2007 – 12. GI-Fachtagung Informatik und Schule*. Hrsg. von Sigrid Schubert. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V., S. 69–79 (siehe S. 110).
- Koehler, Matthew und Mishra, Punya (2009). „What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?“ In: *Contemporary issues in technology and teacher education* 9.1, S. 60–70 (siehe S. 34).
- Kreulich, Klaus und Dellmann, Frank (2016). *Digitalisierung: Strategische Entwicklung einer kompetenzorientierten Lehre für die digitale Gesellschaft und Arbeitswelt*. Münster: Fachhochschule Münster University of Applied Sciences - Hochschulbibliothek (siehe S. 23).
- Kultusministerkonferenz (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019)*. Online abrufbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (siehe S. 32).
- (2019b). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019)*. Online abrufbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2019/2019_05_16-Standards-fuer-die-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf

- kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf (siehe S. 4, 32).
- Ladel, Silke, Knopf, Julia und Weinberger, Armin (2018). *Digitalisierung und Bildung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften (siehe S. 12).
- Länderkonferenz MedienBildung (LMB) (2015). *Kompetenzorientiertes Konzept für die schulische Medienbildung*. LKM-Positionspapier vom 29.01.2015, online abrufbar unter https://lkm.lernnetz.de/files/Dateien_lkm/Dokumente/LKM-Positionspapier_2015.pdf (siehe S. 21).
- Lane, Dale (2018). „Explaining Artificial Intelligence“. In: *Hello World* 4. <https://helloworld.raspberrypi.org/issues/4> (siehe S. 143).
- Lauer, Gerhard (2013). „Die digitale Vermessung der Kultur“. In: *Big Data – Das neue Versprechen der Allwissenheit*. Hrsg. von Heinrich Geiselberger. Berlin: Suhrkamp (siehe S. 71).
- Lawrance, Joseph, Jung, Seikyung und Wiseman, Charles (2013). „Git on the cloud in the classroom“. In: *Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education*. New York, NY: ACM, S. 639–644 (siehe S. 172, 173, 176).
- Lazer, David et al. (2009). „Computational social science“. In: *Science* 323.5915, S. 721–723 (siehe S. 70).
- Lee, Irene et al. (Feb. 2011). „Computational Thinking for Youth in Practice“. In: *ACM Inroads* 2.1, S. 32–37 (siehe S. 113).
- Li, Yuxi (2017). „Deep Reinforcement Learning: An Overview“. In: *CoRR* abs/1701.07274. arXiv: 1701.07274 (siehe S. 143).
- Lin, Tzu-Chiang et al. (2012). „A review of empirical evidence on scaffolding for science education“. In: *International Journal of Science and Mathematics Education* 10.2, S. 437–455 (siehe S. 113).
- Losch, Daniel und Humbert, Ludger (2019). „Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden“. In: *Informatik für alle*. Hrsg. von Arno Pasternak. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 119–128 (siehe S. 108–110).
- Lueger, Manfred (2009). *Interpretative Sozialforschung: Die Methoden*. Stuttgart: UTB (siehe S. 77, 78).
- Maloney, J. et al. (Jan. 2004). „Scratch: A Sneak Preview“. In: *Proceedings of the Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*. Kyoto, Japan: IEEE, S. 104–109 (siehe S. 168).
- Mandl, Heinz, Gruber, Hans und Renkl, Alexander (1997). „Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen“. In: *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. 2. Aufl. Weinheim: Beltz, S. 168–178 (siehe S. 115).
- Marx, Vivien (2013). „Biology: The big challenges of big data“. In: *Nature* 498, S. 255–260 (siehe S. 69).

- Maurer, Christian, Karsten Rincke und Michael Hemmer, Hrsg. (2020). *GFD-Tagungsband 2020: Fachliche Bildung und digitale Transformation – Fachdidaktische Forschung und Diskurse* (Regensburg). Universität Regensburg (siehe S. 110).
- Mayring, Philipp (2000). „Qualitative Content Analysis“. In: *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* 1.2 (siehe S. 42, 91).
- (2001). „Combination and integration of qualitative and quantitative analysis“. In: *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*. Bd. 2. 1 (siehe S. 93).
- (2004). „Qualitative content analysis“. In: *A companion to qualitative research* 1, S. 159–176 (siehe S. 184).
- Mayring, Philipp, Gläser-Zikuda, Michaela und Ziegelbauer, Sascha (2005). „Auswertung von Videoaufnahmen mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse – ein Beispiel aus der Unterrichtsforschung“. In: *Medienpädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 9, S. 17 (siehe S. 184).
- McCarthy, John et al. (2006). „A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955“. In: *AI magazine* 27.4, S. 12 (siehe S. 142).
- Meixner, Johanna und Müller, Klaus (2009). *Konstruktivistische Schulpraxis: Beispiele für den Unterricht*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag (siehe S. 75).
- Mendes, Emilia, Al-Fakhri, Lubna Basil und Luxton-Reilly, Andrew (Juni 2005). „Investigating Pair-programming in a 2Nd-year Software Development and Design Computer Science Course“. In: *SIGCSE Bulletin* 37.3, S. 296–300 (siehe S. 169).
- Michaeli, Tilman, Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (2018). „Enabling Collaboration and Tinkering: A Version Control System for Block-based Languages“. In: *Constructionism 2018: Constructionism, Computational Thinking and Educational Innovation: conference proceedings* (Vilnius, Litauen). Hrsg. von Valentina Dagienė und Eglė Jasutė, S. 395–403 (siehe S. viii).
- Monroy-Hernandez, Andres (2012). „Designing for remixing: Supporting an online community of amateur creators“. Diss. Cambridge, MA, USA (siehe S. 168).
- Morse, Janice M. (1994). „Designing funded qualitative research“. In: *Handbook of qualitative research*. Hrsg. von N.K. Denzin und Y. S. Lincoln. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, S. 220–235 (siehe S. 182).
- Müller, Dorothee, Frommer, Andreas und Humbert, Ludger (2013). „»Informatik im Alltag–Durchblicken statt Rumklicken«“. In: *Tagungsband der 5. Fachtagung Hochschuldidaktik der Informatik. Commentarii informaticae didacticae* 5, S. 98–104 (siehe S. 107, 113).
- Müllner, Marcus und Herkner, Harald (2005). „Welcher statistische Test ist der Richtige?“ In: *Erfolgreich wissenschaftlich arbeiten in der Klinik: Evidence Based Medicine*, S. 173–180 (siehe S. 131).
- Murphy, Laurie et al. (2010). „Pair Debugging: A Transactive Discourse Analysis“. In: *Proceedings of the Sixth International Workshop on Computing Education Research*. ICER '10. Aarhus, Denmark: ACM, S. 51–58 (siehe S. 169).

- Nastasi, Bonnie K., Clements, Douglas H. und Battista, Michael T. (1990). „Social-cognitive interactions, motivation, and cognitive growth in Logo programming and CAI problem-solving environments“. In: *Journal of Educational Psychology* 82.1, S. 150–158 (siehe S. 169).
- Nishida, Tomohiro et al. (2009). „A CS unplugged design pattern“. In: *ACM SIGCSE Bulletin* 41.1, S. 231–235 (siehe S. 150).
- Nora, Simon, Minc, Alain und Minc, Alain (1979). „Die Informatisierung der Gesellschaft“. In: *Die Informatisierung der Gesellschaft. Veröffentlichungen der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung* 13 (siehe S. 10).
- Nwana, Hyacinth S und Ndumu, Divine T (1998). „A brief introduction to software agent technology“. In: *Agent technology*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 29–47 (siehe S. 148).
- Ohshima, Yoshiki, Freudenberg, Bert und Amelang, Dan (2017). „Kanto: A Multi-participant Screen-sharing System for Etoys, Snap!, and GP“. In: *Proceedings of the 3rd ACM SIGPLAN International Workshop on Programming Experience*. PX/17.2. Vancouver, BC, Canada: ACM, S. 7–10 (siehe S. 169, 174).
- Osoba, Osonde A. und Welser IV, William (2017). *An intelligence in our image: The risks of bias and errors in artificial intelligence*. Santa Monica, CA, USA: Rand Corporation (siehe S. 71).
- Otto, Jonathan et al. (2017). „Hamburg 2050, Land unter?“ In: *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 181–190 (siehe S. 75).
- P21 Partnership for 21st Century Learning (2007). *Framework for 21st century learning*. Online abrufbar unter <http://www.battelleforkids.org/networks/p21> (siehe S. 13).
- Papert, Seymour und Harel, Idit (1991). „Situating Constructionism“. In: *Constructionism: Research Reports and Essays, 1985– 1990*. Norwood, NJ, USA: Ablex Pub. Corp, S. 1–13 (siehe S. 157).
- Parmar, Bidhan und Freeman, R Edward (2016). „Ethics and the algorithm“. In: *MIT Sloan Management Review* 58.1, S. 16 (siehe S. 71).
- Parr, Cynthia et al. (2014). „The encyclopedia of life v2: providing global access to knowledge about life on earth“. In: *Biodiversity data journal* 2 (siehe S. 68).
- Passey, Don (2017). „Computer science (CS) in the compulsory education curriculum: Implications for future research“. In: *Education and Information Technologies* 22.2, S. 421–443 (siehe S. 41, 44, 45).
- Pasternak, Arno (2013). „Fach- und bildungswissenschaftliche Grundlagen für den Informatikunterricht in der Sekundarstufe I“. Diss. Universitäts- und Landesbibliothek Münster (siehe S. 41).
- Pasternak, Arno (Hrsg.) (2019). *Informatik für alle - Proceedings der 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 16.-18. September 2019*. Dortmund: Gesellschaft für Informatik e.V. (siehe S. 4, 12).
- Pea, Roy D. (1987). *Logo programming and problem solving*. Techn. Ber. 12 (siehe S. 116).

- Peri, Suraj et al. (2003). „Development of human protein reference database as an initial platform for approaching systems biology in humans“. In: *Genome research* 13.10, S. 2363–2371 (siehe S. 68).
- Peter, Johannes et al. (2014). „Das Inventar zur Evaluation von Blended Learning (IEBL): Konstruktion und Erprobung in einem Training professioneller Informationskompetenz“. In: *Psychologiedidaktik und Evaluation X*. Hrsg. von M. Krämer, U. Weger und M. Zupanic (siehe S. 125, 135).
- Petermann, G (1971). „Digitale Meßwerterfassung an IR-Spektralphotometern“. In: *Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie* 254.4, S. 279–281 (siehe S. 68).
- Peters, Andreas, Sindrilaru, Elvin und Adde, Geoffrey (2015). „EOS as the present and future solution for data storage at CERN“. In: *Journal of Physics: Conference Series*. Bd. 664. 4. IOP Publishing, S. 042042 (siehe S. 69).
- Petre, Marian und Richards, Mike (2014). „Playful pedagogy: empowering students to do, design, and build“. In: *Informatikkultur neu denken – Konzepte für Studium und Lehre*. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 41–54 (siehe S. 112–114).
- Phelps, Geoffrey A et al. (2014). *Investigations into near-real-time surveying for geophysical data collection using an autonomous ground vehicle*. US Department of the Interior, US Geological Survey (siehe S. 69).
- Portillo-Rodriguez, Javier et al. (2012). „Tools used in Global Software Engineering: A systematic mapping review“. In: *Information and Software Technology* 54.7, S. 663–685 (siehe S. 169).
- Precht, Markus und Schmidt, Roman (2019). „Shaping the future with Rare Earth Elements–Model Experiments for “damage monitoring” with [Eu (DBM) 4TEA] and for Recycling of Neodymium (III) Sulfate from Hard Disk Magnets“. In: *World* 7.2, S. 90–95 (siehe S. 81).
- Prömmel, Andreas (2012). *Das GESIM-Konzept: Rekonstruktion von Schülerwissen beim Einstieg in die Stochastik mit Simulationen*. Wiesbaden: Springer-Verlag (siehe S. 75).
- Rasch, Björn et al. (2010). *Quantitative Methoden 2: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler (3., erweiterte Auflage)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (siehe S. 131).
- Redecker, Christine et al. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Techn. Ber. Joint Research Centre (Seville site) (siehe S. 28).
- Reid, Karen L und Wilson, Gregory V (2005). „Learning by doing: introducing version control as a way to manage student assignments“. In: *Acm Sigcse Bulletin*. Bd. 37. 1. New York, NY: ACM, S. 272–276 (siehe S. 172, 173).
- Reinmann-Rothmeier, Gabi und Mandl, Heinz (1994). „Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs“. In: *Forschungsbericht Nr. 34* (siehe S. 115).
- Rich, Elaine (1983). *Artificial Intelligence*. New York, USA: McGraw-Hill (siehe S. 142).

- Riedel, Morris et al. (2008). „Classification of different approaches for e-science applications in next generation computing infrastructures“. In: *eScience'08. IEEE Fourth International Conference on eScience, 2008*. IEEE. Indianapolis, IN, USA, S. 198–205 (siehe S. 3, 73).
- Ripperger, Simon et al. (2019). „Proximity sensors on common noctule bats reveal evidence that mothers guide juveniles to roosts but not food“. In: *Biology letters* 15.2, S. 20180884 (siehe S. 69).
- Robins, Anthony V. (2019). „Novice programmers and introductory programming“. In: *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*. Hrsg. von Sally A. Fincher und Anthony V. Robins. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge: Cambridge University Press, S. 327–376 (siehe S. 113).
- Romeike, Ralf (2017). „Wie informatische Bildung hilft, die digitale Gesellschaft zu verstehen und mitzugestalten“. In: *Software takes command. Herausforderungen der „Datafizierung“ für die Medienpädagogik in Theorie und Praxis*, S. 105–118 (siehe S. 4, 9, 10).
- Roschelle, Jeremy und Teasley, Stephanie (1995). „The construction of shared knowledge in collaborative problem solving“. In: *Computer supported collaborative learning*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 69–97 (siehe S. 169).
- Rosenbaum, Eric (2015). „Explorations in musical tinkering“. Diss. Massachusetts Institute of Technology (siehe S. 169, 184).
- Rusk, Natalie und weitere Mitarbeiter:innen des Scratch Teams (2017). *Scratch Coding Cards: Creative Coding Activities for Kids*. San Francisco, CA, USA: No Starch Press (siehe S. 163).
- Ruvalcaba, Omar, Werner, Linda und Denner, Jill (2016). „Observations of Pair Programming: Variations in Collaboration Across Demographic Groups“. In: *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*. SIGCSE '16. Memphis, Tennessee, USA: ACM, S. 90–95 (siehe S. 169).
- Saam, Nicole J. (2009). „Modellbildung“. In: *Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und Qualitative Methoden*. Hrsg. von Stefan Kühl, Petra Strodtholz und Andreas Taffertshofer. Wiesbaden: Springer VS – Verlag für Sozialwissenschaften, S. 517–532 (siehe S. 120).
- Schlegel, Jan und Sauer, Markus (2020). „Hochaufgelöste Visualisierung einzelner Moleküle auf ganzen Zellen“. In: *BIOspektrum* 26.7, S. 735–738 (siehe S. 68).
- Schmid, Ulrich, Goertz, Lutz und Behrens, Julia (2017). „Monitor Digitale Bildung“. In: *Berufliche Ausbildung im digitalen Zeitalter* 17 (siehe S. 3, 57).
- Scholtes, Ingo (2018). „Data Science in den Sozialwissenschaften“. In: *Data Literacy und Data Science Education: Digitale Kompetenzen in der Hochschulausbildung*. Berlin: Gesellschaft für Informatik e.V. (siehe S. 69, 70).
- Schreiber, Falk (Aug. 2009). „Analyse und Visualisierung biologischer Netzwerke“. In: *Informatik-Spektrum* 32.4, S. 301–309 (siehe S. 69).
- Schreier, Margrit (1997). *Das Erkennen sprachlicher Täuschung: über Absichtlichkeitsindikatoren beim unintegren Argumentieren*. Münster: Aschendorff (siehe S. 42).

- Schubert, Sigrid und Schwill, Andreas (2011). „Didaktik der Informatik“. In: *Didaktik der Informatik*. Springer, S. 1–30 (siehe S. 39, 74).
- Schwill, Andreas (1993). „Fundamentale Ideen der Informatik“. In: *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 25.1, S. 20–31 (siehe S. 86, 87).
- (1998). *Fundamentale Ideen der Informatik und Modellierung im Informatikunterricht*. Online abrufbar unter <http://www.informatikdidaktik.de/didaktik/Forschung/VortragsfolienFundIdeenMNU.pdf> (siehe S. 86).
- Seegerer, Stefan, Lindner, Annabel und Romeike, Ralf (16.–18. Sep. 2019). „AI Unplugged – Wir ziehen Künstlicher Intelligenz den Stecker“. In: *Tagungsband der 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule (INFOS): Informatik für alle* (Dortmund). Hrsg. von Arno Pasternak. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V., S. 325–334 (siehe S. viii, 151).
- Seegerer, Stefan, Michaeli, Tilman und Romeike, Ralf (2019). „Informatik für alle - Eine Analyse von Argumenten und Argumentationsschemata für das Schulfach Informatik“. In: *INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft*. Hrsg. von Klaus David et al. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 617–630 (siehe S. vii).
- (2020a). „Investigating How Novices Use and Collaborate with a Version Control System for Block-Based Languages“. In: *LATICE 2020: conference proceedings* (Ho Chi Minh City, Vietnam), im Druck (siehe S. viii).
- (2020b). „So lernen Maschinen“. In: *LOG IN - Informatische Bildung und Computer in der Schule* 193-194, S. 27–31 (siehe S. viii, 148).
- (2021). „Informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrkräftebildung – Erkenntnisse und Erfahrungen aus einem online-gestützten Studienangebot“. In: *Informatik – Bildung von Lehrkräften in allen Phasen, Proceedings der 19. GI-Fachtagung Informatik und Schule, INFOS 2021* (Wuppertal). Hrsg. von Ludger Humbert. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V., im Druck (siehe S. viii).
- Seegerer, Stefan und Romeike, Ralf (2018a). „Computer Science As a Fundamental Competence for Teachers in Other Disciplines“. In: *Proceedings of the 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (Potsdam). WiPSCE '18. New York, NY, USA: ACM, Artikel 29, S. 1–2 (siehe S. vii).
- (11.–13. Sep. 2018b). „Was jeder über Informatik lernen sollte – Eine Analyse von Hochschulkursen für Studierende anderer Fachrichtungen“. In: *Commentarii informaticae didacticae (CID) – 8. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik* (Frankfurt). Hrsg. von Nadine Bergner et al. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, S. 13–28 (siehe S. vii).
- (13.–15. Juni 2019). „Employing Computational Thinking in General Teacher Education“. In: *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2019* (Hong Kong). Hrsg. von Siu-Cheung Kong et al. Hong Kong: Publication of The Education University of Hong Kong, S. 86–91 (siehe S. vii).
- Siebert, Horst (2005). *Pädagogischer Konstruktivismus*. Weinheim: Julius Beltz (siehe S. 114).

- Somasundaram, Ravishankar (2013). *Git: Version control for everyone*. Birmingham, Vereinigtes Königreich: Packt Publishing (siehe S. 171).
- Stalder, Felix (2016). *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp Verlag (siehe S. 11).
- (2017). „Auf der Suche nach neuen Waffen: Überwachung, Commons und die Kultur der Digitalität“. In: *Medienwandel kompakt 2014–2016*. Wiesbaden: Springer VS, S. 303–307 (siehe S. 11).
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2016). *Strategie Bildung in der digitalen Welt*. Online abrufbar unter <https://www.kmk.org/aktuelles/thema-2016-bildung-in-der-digitalen-welt.html> (siehe S. 3, 9, 12, 13, 19, 62, 167).
- Statistik Austria (2012). *Österreichische Systematik der Wissenschaftszweige*. Online abrufbar unter <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/92750ae3-6460-3d51-92a7-b6a5dba70d3d> (siehe S. 68).
- Steane, Andrew (1998). „Quantum computing“. In: *Reports on Progress in Physics* 61.2, S. 117 (siehe S. 69).
- Stifterverband in Kooperation mit McKinsey (2016). „Hochschul-Bildungs-Report 2020. Für morgen befähigen. Jahresbericht 2016“. Online abrufbar unter <https://www.stifterverband.org/medien/hochschul-bildungs-report-2020-bericht-2016> (siehe S. 25).
- (2019). „Hochschul-Bildungs-Report 2020. Für morgen befähigen. Jahresbericht 2019“. Online abrufbar unter <https://www.stifterverband.org/medien/hochschul-bildungs-report-2020-bericht-2019> (siehe S. 24).
- Streeter, Mikala (2015). „Incorporating Real World Non-coding Features into Block IDEs“. In: *Proceedings of the 2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)*. BLOCKS AND BEYOND '15. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, S. 103–104 (siehe S. 168).
- Streiner, David L (2003). „Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency“. In: *Journal of personality assessment* 80.1, S. 99–103 (siehe S. 131).
- Tang, John C. et al. (2006). „Unobtrusive but Invasive: Using Screen Recording to Collect Field Data on Computer-Mediated Interaction“. In: *Proceedings of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work*. CSCW '06. Banff, Alberta, Canada: Association for Computing Machinery, S. 479–482 (siehe S. 184).
- Tisdall, James (2001). *Beginning Perl for Bioinformatics: An Introduction to Perl for Biologists*. O'Reilly Media, Inc. (siehe S. 68).
- Tomita, Masaru (2001). „Whole-cell simulation: a grand challenge of the 21st century“. In: *Trends in biotechnology* 19.6, S. 205–210 (siehe S. 69).
- Touretzky, David et al. (2019). „Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI?“ In: „Blue sky talk“ at the Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-19). Palo Alto, CA, USA: AAAI Press (siehe S. 141, 144).
- Trilling, Bernie und Fadel, Charles (2009). *21st Century Skills.: Learning for Life in Our Times*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons (siehe S. 14, 15).

- Uszok, Andrzej und Kunstman, Pawel (Dez. 2010). *Intelligent software agent system architecture*. US Patent 7,861,252 (siehe S. 148).
- Valladares, William et al. (2019). „Energy optimization associated with thermal comfort and indoor air control via a deep reinforcement learning algorithm“. In: *Building and Environment* 155, S. 105–117 (siehe S. 156).
- van Ackeren, Isabell et al. (2019). „Digitalisierung in der Lehrerbildung: Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten“. In: *Die Deutsche Schule* 111.1, S. 103–119 (siehe S. 4, 31, 32).
- Vogel, Sara, Santo, Rafi und Ching, Dixie (2017). „Visions of Computer Science Education: Unpacking Arguments for and Projected Impacts of CS4All Initiatives“. In: *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*. SIGCSE '17. Seattle, Washington, USA: ACM, S. 609–614 (siehe S. 41, 44, 45).
- Voß, Siglinde (2003). „Objektorientierte Modellierung von Software zur Textgestaltung“. In: *Informatische Fachkonzepte im Unterricht, INFOS 2003, 10. GI-Fachtagung Informatik und Schule*. Hrsg. von Peter Hubwieser. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 189–201 (siehe S. 51).
- Wahl, Diethelm (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt (siehe S. 114, 117, 123).
- Walton, D., Reed, C. und Macagno, F. (2008). *Argumentation Schemes*. Cambridge, Vereinigtes Königreich: Cambridge University Press (siehe S. 45).
- Walton, Douglas (2005a). *Argumentation methods for artificial intelligence in law*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (siehe S. 43).
- (2005b). *Fundamentals of critical argumentation*. Cambridge University Press (siehe S. 46).
- Watkins, Christopher JCH und Dayan, Peter (1992). „Q-learning“. In: *Machine learning* 8.3-4, S. 279–292 (siehe S. 158).
- Webb, Noreen M. (1995). „Group Collaboration in Assessment: Multiple Objectives, Processes, and Outcomes“. In: *Educational Evaluation and Policy Analysis* 17.2, S. 239–261 (siehe S. 193).
- Wedekind, Joachim (1981). *Unterrichtsmedium Computersimulation*. Weil der Stadt: Lexika-Verlag (siehe S. 75).
- Weiskopf, Daniel et al. (2010). „Visuelle Bewegungsanalyse in Video- und Geodaten“. In: *Informatik-Spektrum* 33.6, S. 580–588 (siehe S. 69).
- Werner, Linda und Denning, Jill (2009). „Pair Programming in Middle School“. In: *Journal of Research on Technology in Education* 42.1, S. 29–49 (siehe S. 169).
- Wilhelm, Markus und Brühwiler, Christian (2016). „Professionelle Kompetenzen für das Unterrichten inter-disziplinärer Schulfächer–Desiderata in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung“. In: *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 34.3, S. 284–293 (siehe S. 74).
- Williams, Randi, Machado, Christian Vázquez et al. (2018). „My doll says it’s ok: a study of children’s conformity to a talking doll“. In: *Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children*. ACM. New York, NY, USA, S. 625–631 (siehe S. 143).

- Williams, Randi, Park, Hae Won et al. (2019). „PopBots: Designing an Artificial Intelligence Curriculum for Early Childhood Education“. In: *The Ninth Symposium on Educational Advances in Artificial Intelligence* (siehe S. 143).
- Wilson, Amanda, Hainey, Thomas und Connolly, Thomas M (2013). „Using Scratch with primary school children: an evaluation of games constructed to gauge understanding of programming concepts“. In: *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)* 3.1, S. 93–109 (siehe S. 157).
- Wing, Jeannette M. (2006). „Computational thinking“. In: *Communications of the ACM* 49.3, S. 33–35 (siehe S. 47).
- Witten, Helmut (2003). „Allgemeinbildender Informatikunterricht? Ein neuer Blick auf H.W. Heymanns Aufgaben allgemeinbildender Schulen.“ In: *Informatische Fachkonzepte im Unterricht, INFOS 2003*. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 53–69 (siehe S. 41).
- Wittpahl, Volker (2017). *Digitalisierung*. Wiesbaden: Springer Vieweg (siehe S. 10).
- Wolf, Thomas und Strohschen, Jacqueline-Helena (2018). „Digitalisierung: Definition und Reife“. In: *Informatik-Spektrum* 41.1, S. 56–64 (siehe S. 10).
- Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators (2007). *Revised Field of Science and Technology (FOS) Classification in the Frascati Manual*. Online abrufbar unter <http://www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf> (siehe S. 68).
- Yadav, Aman, Mayfield, Chris et al. (März 2014). „Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education“. In: *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 14.1 (siehe S. 110, 125, 133).
- Yadav, Aman, Zhou, Ninger et al. (2011). „Introducing Computational Thinking in Education Courses“. In: *Proceedings of the 42Nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education. SIGCSE '11*. Dallas, TX, USA: ACM, S. 465–470 (siehe S. 108).
- Yu, Yanfang und Chen, Yuan (2018). „Design and Development of High School Artificial Intelligence Textbook Based on Computational Thinking“. In: *Open Access Library Journal* 5.09, S. 1 (siehe S. 141).
- Zenhäuser, Patrick und Vaterlaus, Stephan (2017). *Digitalisierung und Arbeitsmarktfolgen – Metastudie zum Stand der Literatur und zu den Entwicklungen in der Schweiz, Studie von Polynomics AG im Auftrag der Fondation CH2048*. Techn. Ber. (siehe S. 10).

Abbildungsverzeichnis

2.1	Framework for 21st Century Learning ((c) Partnership for 21st Century Learning 2007)	14
2.2	Dagstuhl-Dreieck	18
2.3	Haus der digitalen Bildung (CC-BY-SA Diethelm und Brinda 2020)	19
2.4	Überblick über die Dimensionen der notwendigen Kompetenzen für das Leben in der digitalen Welt sowie deren Verankerung in existierenden Ansätzen. . . .	29
2.5	DPACK-Modell nach <i>Döbeli Honegger (2018)</i>	34
2.6	Überblick über die Bereiche der notwendigen Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt sowie deren Verankerung in existierenden Ansätzen. .	37
3.1	Anzahl an Quellen nach Jahr der Veröffentlichung	42
4.1	Untersuchungsdesign	56
4.2	Bereiche des Fragebogens	58
4.3	Thesen zu Digitalisierung und den daraus für die Schule erwachsenden Herausforderungen	60
4.4	Beginn informatischer Bildung in der Schule aus Phase 2 der Befragung	61
4.5	Selbsteinschätzung der eigenen Kompetenzen	65
5.1	Digitalisierung in anderen Fachdisziplinen aus Sicht der Informatik	72
6.1	Die drei Masterideen <i>Algorithmisierung, Strukturierte Zerlegung</i> und <i>Sprache</i> nach <i>Schwill (1993)</i>	87
6.2	Prinzipienbasiertes Porträt der Informatik nach <i>Denning und Martell (2015)</i> . . .	88
6.3	Übersicht über die untersuchten Kurse für Studierende anderer Fachrichtungen	92
6.4	Relative Häufigkeiten verschiedener Themenbereiche in den betrachteten Materialien	95
6.5	Relativer Anteil verwendeter Werkzeuge gruppiert nach Typ	97
7.1	Beitrag informatischer Bildung zu Bildung in der digitalen Transformation . . .	101
8.1	Informatische Themenbereiche nach Modulen	116
8.2	Digital-Analog-Tinder als Einführung in das Thema analoge und digitale Darstellungen	116
8.3	Ausschnitt aus dem Video zu Algorithmen (CC-BY-ND digi4all)	118

8.4	Interaktives Werkzeug zur Verdeutlichung von Verzerrungen (Bias) in Daten aus dem CS Field Guide (<i>Bell, Morgan und Duncan, 2013</i>)	119
8.5	Räuber-Beute-Simulation mit Schneeschuhhasen und Luchsen	120
8.6	Wordcloud zum Begriffsverständnis Digitalisierung	128
8.7	Selbsteinschätzung der Studierenden im Pretest (n=424)	130
9.1	Überwachtes Lernen (supervised learning, CC-BY Seegerer, Michaeli, Jatzlau, Robotergrafik unterliegt CC0 1.0 Public Domain)	146
9.2	Unüberwachtes Lernen (unsupervised learning, CC-BY Seegerer, Michaeli, Jatzlau)	147
9.3	Verstärkendes Lernen (reinforcement learning, CC-BY Seegerer, Michaeli, Jatzlau)	148
9.4	Beispiel aus der Aktivität zu überwachtem Lernen	151
9.5	Beispiel zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Merkmale	152
9.6	Beispielskript für den Agenten.	159
9.7	Implementierung der Modellerstellung	159
9.8	Implementierung des Blocks, der die beste Aktion ermittelt	160
9.9	Implementierung der Aktualisierung der Q-Tabelle	161
9.10	Virtuelle Version der zu <i>SnAIp</i> hinführenden AI-Unplugged Aktivität zu verstärkendem Lernen beim Kinderprogramm auf der Langen Nacht der Wissenschaften 2019.	163
9.11	Spielkontext für das Puzzle: Aufgabe des Äffchens ist es, über das anrollende Fass zu springen.	164
9.12	Der direkte Zugriff auf die Q-Tabelle in Snap! ermöglicht eine einfache Exploration des Gelernten.	165
9.13	Zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler in der Phase <i>Pimp my Game</i> wurden <i>Coding Cards</i> entwickelt.	165
10.1	Graphische Visualisierung eines Projekts	175
10.2	Erstellen eines Projekts	176
10.3	Merge Prozess	177
10.4	Merge-View	178
10.5	Smerge Workflow	180
10.6	Beispiel eines Project-Boards in der zweiten Iteration	183
10.7	Auszug aus der Kodierungstabelle für zwei Programmierpaare einer Gruppe. .	187
10.8	Screenshots der Projekte nach drei Iterationen.	188

Tabellenverzeichnis

3.1	Übersicht über Argumentationsschemata	43
3.2	Übersicht über verschiedene Strukturierungen der Argumente	44
3.3	Auszug aus dem Kodierleitfaden	46
8.1	Module des Seminars, Module mit Schwerpunkt Informatik in fett	112
8.2	Items zu Einschätzungen zum eigenen informatischen Wissen allgemein und in Unterrichtssituationen, nachempfunden nach <i>Döbeli Honegger und Hielscher (2017)</i>	125
8.3	Items zu Einstellungen zur Informatik nach <i>Yadav, Mayfield et al. (2014)</i>	125
8.4	Items zu allgemeinem Nutzen, didaktischer Qualität und Angemessenheit nach <i>Peter et al. (2014)</i>	135
8.5	Einschätzung der eigenen Kompetenzen (n=231, Likertskala von 1 (trifft nicht zu) bis 7 (trifft völlig zu))	136
8.6	Allgemeiner Nutzen und Angemessenheit aufgeschlüsselt nach Modulen mit Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Cronbachs- α bei einer Likert-Skala von 1 bis 7	137
10.1	Übersicht über die Schlagworte (Tags), die den einzelnen Ereignissen in den Videoaufzeichnungen zugeordnet wurden	185

Anhang

Anhang A: Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4

A Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Begrüßung

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Schulleiterinnen und Schulleiter,

gemeinsam mit dem Staatlichen Schulamt Stadt Erlangen und Landkreis Erlangen-Höchstadt führt die Professur für Didaktik der Informatik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg eine wissenschaftliche Studie zu „digitaler Bildung“ durch.

Dazu würden wir gern auch Sie befragen. Uns interessiert Ihre Meinung zu verschiedenen Themen im Kontext der „digitalen Bildung“. Das Ausfüllen dauert ca. 20 Minuten.

Ihre Angaben werden selbstverständlich streng vertraulich behandelt, sämtliche Informationen werden nur in anonymisierter Form verarbeitet. Die Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Sie können die Teilnahme an der Erhebung jederzeit abbrechen. Aus einer Nichtteilnahme erwachsen Ihnen keine Nachteile.

Schon jetzt herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

Prof. Dr. Ralf Romeike
Didaktik der Informatik
FAU Erlangen-Nürnberg

2. Technische Ausstattung und Organisation

Welche Geräte nutzen Sie für Unterrichtszwecke? Sind das Ihre privaten Geräte oder schuleigene Geräte? Zu welchen Zwecken nutzen Sie diese Geräte? Es sind Mehrfachnennungen möglich. (Einige Kombinationen sind natürlich nicht möglich.)

2.1 Smartphone

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.2 Tablet

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.3 PC, Notebook

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.4 Interaktives Whiteboard

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

--	--	--

2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]

- 2.5 Beamer
- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

- 2.6 Dokumentenkamera
- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

- 2.7 Overheadprojektor
- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

- 2.8 Internet
- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigener Zugang | <input type="checkbox"/> Schulzugang | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

- 2.9 Sonstiges
- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung |
| <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.10 und zwar:

Wie würden Sie die technische Ausstattung und die Unterstützungsmöglichkeiten zum digitalen Lernen an Ihrer Schule bewerten? Bitte schätzen Sie dies anhand der folgenden Skala ein.

- 2.11 Technische Ausstattung
- | | | |
|--|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> sehr gute Qualität 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> überhaupt keine gute Qualität 4 | <input type="checkbox"/> nicht vorhanden | |

- 2.12 WLAN
- | | | |
|--|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> sehr gute Qualität 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> überhaupt keine gute Qualität 4 | <input type="checkbox"/> nicht vorhanden | |

- 2.13 Support und Betreuung
- | | | |
|--|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> sehr gute Qualität 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> überhaupt keine gute Qualität 4 | <input type="checkbox"/> nicht vorhanden | |

- 2.14 Weiterbildung und Qualifizierung
- | | | |
|--|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> sehr gute Qualität 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
| <input type="checkbox"/> überhaupt keine gute Qualität 4 | <input type="checkbox"/> nicht vorhanden | |

A Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4

--	--	--

2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]

2.15 Welchen Stellenwert hat die Einführung digitaler Lernformen bisher an Ihrer Schule? hoch niedrig

Wie bewerten Sie diese Zukunftsvisionen für die digitale Schule?

	finde ich sehr gut	finde ich eher gut	finde ich eher nicht	find ich gar nicht gut
2.16 In manchen Fällen wird Unterricht in virtuellen Klassenräumen stattfinden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.17 Bei der Einstellung von neuen Lehrerinnen und Lehrern wird verstärkt auf deren Medienkompetenz geachtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.18 Statt zentraler Arbeitstreffen mit dem Kollegium werden diese Meetings online stattfinden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.19 Die Kommunikation zwischen Eltern und Lehrern wird zunehmend online stattfinden, z.B. per Mail oder Webkonferenz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.20 Digitalisierung wird ein unverzichtbarer Bestandteil von Lehrerfortbildungen sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.21 Schulen werden eine professionelle IT-Organisation aufbauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.22 An jeder Schule wird den Lehrkräften pädagogischer Support für die unterrichtliche Nutzung von digitalen Medien bereitgestellt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welches Wissen und welche Kompetenzen lassen sich nach Ihrer pers. Erfahrung durch das Lernen mit digitalen Medien besonders fördern?

	besond- ers gut 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.23 Wissen (Kenntnisse besitzen)	<input type="checkbox"/>						
2.24 Fertigkeiten (Wissen anwenden können)	<input type="checkbox"/>						
2.25 Sozialkompetenz (mit anderen Menschen kommunizieren können)	<input type="checkbox"/>						
2.26 Selbstständigkeit (eigenständiges Handeln)	<input type="checkbox"/>						
2.27 Medienkompetenz (souverän mit Medien umgehen können)	<input type="checkbox"/>						

Mit welchen der folgenden Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien haben Sie bereits Unterrichtserfahrung?

	positive Erfahrung	2	3	4	5	negative Erfahrung	keine Erfahrung
2.28 Arbeitsergebnisse oder Ideen mit digitalen Medien kommunizieren und präsentieren	<input type="checkbox"/>						
2.29 Themenbereiche durch mediale Darbietungen (Video, VR) erkunden	<input type="checkbox"/>						
2.30 Gestalten von Artefakten mit digitalen Werkzeugen (Musik, Hörspiel oder Video)	<input type="checkbox"/>						
2.31 Kommunikationsplattform für den Klassenverbund	<input type="checkbox"/>						

2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]							
2.32 Einsatz von QR Codes	<input type="checkbox"/>						
	positive Erfahrung	2	3	4	5	negative Erfahrung	keine Erfahrung
2.33 Nutzen von Wiederholungs- und Memorierungsübungen (Drag&Drop Zuordnungsaufgaben, Quizzes,...)	<input type="checkbox"/>						
2.34 Anleiten von Schülern durch Apps oder Videos	<input type="checkbox"/>						
2.35 Einsatz von programmierbaren Robotersystemen für Kinder (BeeBots, Lego WeDo o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.36 Einsatz von Mikrocontrollern (Calliope o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.37 Einsatz von Lernspielen	<input type="checkbox"/>						
	positive Erfahrung	2	3	4	5	negative Erfahrung	keine Erfahrung
2.38 Verwenden des Internets mit Suchmaschinen für Kinder (Blinde Kuh o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.39 Verwenden von Suchmaschinen nicht speziell für Kinder (Google o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.40 Digitale Medien als Unterrichtsthema	<input type="checkbox"/>						
2.41 Sonstiges	<input type="checkbox"/>						
2.42 und zwar:							

Welche Herausforderungen und Schwierigkeiten sehen Sie, wenn es um digitales Lernen in der Schule geht? Bitte geben Sie an, inwieweit die Aussage auf Sie zutrifft.

2.43 Die Kosten für die Beschaffung von Lernhalten sind zu hoch.	<input type="checkbox"/>						
	voll und ganz 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.44 Die Kosten für die technische Ausstattung (Hard- & Software) sind zu hoch.	<input type="checkbox"/>						
2.45 Die Wartung der Geräte und Anwendungen ist zu teuer.	<input type="checkbox"/>						
2.46 Die technischen Geräte und Systeme funktionieren nicht immer zuverlässig.	<input type="checkbox"/>						
2.47 Ich habe Bedenken wegen gesundheitlicher Auswirkungen z.B. WLAN.	<input type="checkbox"/>						
	voll und ganz 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.48 Ich habe Bedenken wegen mentaler Auswirkungen, z.B. kognitive Entwicklung, Internetsucht.	<input type="checkbox"/>						

A Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4

2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]								
2.49	Andere Dinge/Aufgaben lassen den Schülern nur wenig Zeit für digitale Bildung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.50	Rechtliche Fragen, z.B. zu Urheberrechten, Datenschutz, stellen ein Problem dar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.51	Es fehlt eine professionelle Betreuung der digitalen Infrastruktur an der Schule.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.52	Das Angebot zu digitaler Bildung ist zu unübersichtlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		voll und ganz 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.53	Die Qualität der Angebote zu digitaler Bildung ist fragwürdig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.54	Schülerinnen und Schülern fehlt es an Medienkompetenz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.55	Lehrerinnen und Lehrern fehlt es an Medienkompetenz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.56	Es fehlen Regelungen zur Anrechnung des erhöhten Aufwands der Lehrerinnen und Lehrer beim Einsatz von digitalen Medien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.57	Die Abstimmung mit dem Schulträger ist sehr aufwändig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		voll und ganz 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.58	Es fehlt an Weiterbildungsangeboten für Lehrkräfte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.59	Lehrerinnen und Lehrern fehlt ein Verständnis zugrundeliegender Prinzipien digitaler Medien.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.60	Lehrerinnen und Lehrern fehlt es an Problemlösekompetenz im Umgang mit technischen Problemen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.61	Gibt es einen schulinternen Arbeitskreis/eine Gesprächsrunde für Lehrerinnen und Lehrer an Ihrer Schule zum Thema digitale Medien?	ja <input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> weiß nicht
2.62	Wenn ja, worum handelt es sich?							
2.63	Wie würden Sie die Motivation der Lehrerinnen und Lehrer einschätzen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien?	hoch <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> niedrig	<input type="checkbox"/> kann ich nicht beurteilen				

--	--	--

3. Einschätzungen zu Digitalisierung und den sich daraus erwachsenden Herausforderungen

Wie bewerten Sie die folgenden Thesen zu Digitalisierung und den daraus für die Schule erwachsenden Herausforderungen?

	stimme voll und	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher	stimme nicht zu	stimme gar
3.1 Die Digitalisierung und die daraus entstehende Automatisierung und Vernetzung führen dazu, dass vernetzte Computer (Smartphones, Tablets etc.) das Buch zunehmend als Leitmedium ablösen.	<input type="checkbox"/>					
3.2 Durch die Digitalisierung befinden wir uns in einem Leitmedienwechsel, dessen Umfang, Ende und Konsequenzen nur schwer abzuschätzen sind.	<input type="checkbox"/>					
3.3 Computer prägen zunehmend unser Denken und Handeln.	<input type="checkbox"/>					
3.4 Kinder und Jugendliche werden aufgrund der ständigen Verfügbarkeit vernetzter, digitaler Medien heute anders sozialisiert als noch vor 10 Jahren.	<input type="checkbox"/>					
3.5 Die Schule verliert aufgrund der ständigen Verfügbarkeit von Informationen im Internet zunehmend ihr früheres Informationsmonopol.	<input type="checkbox"/>					
3.6 Digitalisierung und der sich daraus ergebenden Leitmedienwechsel verändern die Anforderungen an die Allgemeinbildung weit über die Bedienung digitaler Geräte hinaus.	<input type="checkbox"/>					
3.7 Soft Skills wie Kreativität, Teamfähigkeit und Sozialkompetenz werden in einer digitalisierten Gesellschaft wichtiger.	<input type="checkbox"/>					
3.8 In einer digitalisierten Welt müssen Schülerinnen und Schüler Information vermehrt auf ihre Relevanz und Glaubwürdigkeit hin überprüfen.	<input type="checkbox"/>					
3.9 Die Fähigkeit präsentieren und kommunizieren zu können ist deutlich wichtiger als früher.	<input type="checkbox"/>					
3.10 Die Nutzung digitaler Medien kann das Lernen fördern.	<input type="checkbox"/>					
3.11 Digitales gehört in die Schule, weil es die Alltagsrealität der Schülerinnen und Schüler prägt.	<input type="checkbox"/>					
3.12 Digitale Kompetenzen sind heute eine notwendige Kulturtechnik.	<input type="checkbox"/>					
3.13 Mit digitalen Medien lassen sich gewisse Abläufe in der Schule effizienter gestalten.	<input type="checkbox"/>					

Beurteilen Sie die Wichtigkeit der folgenden Aspekte digitaler Kompetenz für die Grundschule.

	stimme voll und	stimme zu	stimme eher zu	stimme eher	stimme nicht zu	stimme gar
3.14 Anwendungskompetenzen: Grundschülerinnen und -schüler müssen lernen digitale Medien effektiv und effizient zu nutzen.	<input type="checkbox"/>					

A Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4

	Bildung	
--	---------	--

3. Einschätzungen zu Digitalisierung und den sich daraus erwachsenden Herausforderungen [Fortsetzung]

3.15 Medienkompetenz: Um sich souverän in einer digitalisierten Welt zu bewegen, sollten Grundschülerinnen und -schüler ihre Nutzung digitaler Medien reflektieren und deren Bedeutung und Wirkung kritisch hinterfragen. □ □ □ □ □ □

3.16 Informatikkompetenz: Um die heutige Welt zu verstehen müssen Grundschülerinnen und -schüler über ein Grundverständnis des Digitalen verfügen. □ □ □ □ □ □

4. Kompetenzen Ihrer Lehrkräfte

Das KMK-Modell bestimmt Kompetenzbereiche, die für Schülerinnen und Schüler, aber auch für Lehrerinnen und Lehrer relevant sind. Wie schätzen Sie die Kompetenzen Ihres Kollegiums in den folgenden Bereichen ein:

	hoch 1	2	3	4	5	niedrig 6	kann ich nicht beurteilen
4.1 Bedienen und Anwenden digitaler Medien	<input type="checkbox"/>						
4.2 Suchen und Verarbeiten von Information mithilfe digitaler Medien	<input type="checkbox"/>						
4.3 Kommunizieren und Kooperieren mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						
4.4 Produzieren und Präsentieren mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						
4.5 Erkennen von Lernpotenzialen und Entwickeln von Lernstrategien mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						
4.6 Erwerben und Anwenden von Wissen über digitale Medien	<input type="checkbox"/>						
4.7 Analysieren, Reflektieren und Diskutieren über digitale Medien	<input type="checkbox"/>						
4.8 Selbstreguliertes und verantwortungsbewusstes Handeln mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						

Wie schätzen Sie außerdem die lehrbezogenen Kompetenzen Ihrer Lehrerinnen und Lehrer ein.

	hoch 1	2	3	4	5	niedrig 6	kann ich nicht beurteilen
4.9 Medienbezogene informatische Kenntnisse, insbesondere der Umgang mit Hardware, Software und Internet im Unterricht, Konzeptwissen über Datenbanken und Algorithmen etc.	<input type="checkbox"/>						
4.10 Medienbezogene pädagogisch-psychologische Kenntnisse, insbesondere Wissen über lernförderliche Aspekte digitaler Medien und wie man diese für die Unterrichtsgestaltung nutzbar machen kann	<input type="checkbox"/>						

--	--	--

4. Kompetenzen Ihrer Lehrkräfte [Fortsetzung]

- 4.11 Medienbezogene fachliche Kenntnisse, zum Beispiel Wissen über Stellenwert und Funktionsweise von Rechensystemen bei der Simulation neuronaler Netzwerke in der Biologie
- 4.12 Medienbezogene fachdidaktische Kenntnisse, zum Beispiel Wissen über die lernförderlichen Potenziale von Schreibprogrammen im Kompetenzbereich ‚Schreiben‘ im Fach Deutsch.

5. Einschätzungen zu Informatik in der Grundschule

In Großbritannien werden informatische Denkweisen bereits ab der ersten Klasse unterrichtet. Welche der folgenden Aspekte des sogenannten "Computational Thinking" sehen sie in der Grundschule als anschlussfähig?

- | | stark
anschl | 2 | 3 | 4 | 5 | nicht
anschl |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5.1 Logisches Schlussfolgern, Erklärungen geben und Voraussagen treffen | <input type="checkbox"/> |
| 5.2 Algorithmen: Schrittfolgen aufstellen und Regeln bestimmen | <input type="checkbox"/> |
| 5.3 Dekomposition: Größere Probleme in Teilprobleme aufteilen und lösen | <input type="checkbox"/> |
| 5.4 Abstraktion: Unwichtige Details weglassen und dadurch Komplexität bewältigen | <input type="checkbox"/> |
| 5.5 Generalisierung: Muster und Gemeinsamkeiten erkennen | <input type="checkbox"/> |
| 5.6 Evaluation: Ergebnisse beurteilen | <input type="checkbox"/> |

- | | ab der 1.
Klasse | ab der 2.
Klasse | ab der 3.
Klasse | ab der 4.
Klasse | nicht in
der | kann ich nicht
beurteilen |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 5.7 International aber auch in Deutschland gibt es Ansätze, informatische Grundlagen für das Verständnis der digitalen Welt bereits in der Grundschule zu thematisieren. Ab wann sollte dies erfolgen? | <input type="checkbox"/> |

6. Statistik

Hiermit haben wir das Ende unseres Fragebogens erreicht. Herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit für unsere Befragung genommen haben. Wir bitten Sie im Folgenden noch einige statistische Daten anzugeben.

- 6.1 Sie sind... ... weiblich ... männlich
- 6.2 Sie gehören zur Altersgruppe... ... 18-29 Jahre ... 30-39 Jahre ... 40-49 Jahre
 ... 50-59 Jahre ... 60 Jahre oder älter
- 6.3 Bitte geben Sie die Schülerzahl Ihrer Schule an.
- | | | |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> bis 125 | <input type="checkbox"/> zwischen 126 und 250 | <input type="checkbox"/> zwischen 251 und 375 |
| <input type="checkbox"/> zwischen 376 und 500 | <input type="checkbox"/> zwischen 501 und 625 | <input type="checkbox"/> zwischen 626 und 750 |
| <input type="checkbox"/> zwischen 751 und 875 | <input type="checkbox"/> zwischen 876 und 1000 | <input type="checkbox"/> über 1000 |

A Fragebogen für Schulleiterinnen und Schulleiter zu Kapitel 4

--	--	--

6. Statistik [Fortsetzung]

- 6.4 Seit wann sind Sie Schulleiterin bzw. Schulleiter.
- weniger als 1 Jahr 1 bis 5 Jahre 6 bis 10 Jahre
 11 bis 20 Jahre mehr als 20 Jahre
- 6.5 Gibt es an Ihrer Schule eine Person, die für die Betreuung und Einrichtung von IT und Medien zuständig ist?
- ja, ein Lehrer beauftragt durch die Schulleitung (mit Anrechnungsstunden) ja, ein Lehrer in Eigeninitiative ja, ein externer Mitarbeiter
- nein

Anhang B: Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4

B Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Begrüßung

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Lehrerinnen und Lehrer,

gemeinsam mit dem Staatlichen Schulamt Stadt Erlangen und Landkreis Erlangen-Höchstadt führt die Professur für Didaktik der Informatik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg eine wissenschaftliche Studie zu „digitaler Bildung“ durch.

Dazu würden wir gern auch Sie befragen. Uns interessiert Ihre Meinung zu verschiedenen Themen im Kontext der „digitalen Bildung“. Das Ausfüllen dauert ca. 20 Minuten.

Ihre Angaben werden selbstverständlich streng vertraulich behandelt, sämtliche Informationen werden nur in anonymisierter Form verarbeitet. Die Teilnahme an der Befragung ist freiwillig. Sie können die Teilnahme an der Erhebung jederzeit abbrechen. Aus einer Nichtteilnahme erwachsen Ihnen keine Nachteile.

Schon jetzt herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

Prof. Dr. Ralf Romeike
Didaktik der Informatik
FAU Erlangen-Nürnberg

2. Technische Ausstattung und Organisation

Welche Geräte nutzen Sie für Unterrichtszwecke? Sind das Ihre privaten Geräte oder schuleigene Geräte? Zu welchen Zwecken nutzen Sie diese Geräte? Es sind Mehrfachnennungen möglich, einige Kombinationen wären jedoch unsinnig.

2.1 Smartphone

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht |
| <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.2 Tablet

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht |
| <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.3 PC, Notebook

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht |
| <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.4 Interaktives Whiteboard

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht |
| <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

2.5 Beamer

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> eigenes Gerät | <input type="checkbox"/> Schulgerät | <input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht |
| <input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung | <input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen | <input type="checkbox"/> nutze ich nicht |

05.03.2018, Seite 1/10



2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]

2.6 Dokumentenkamera	<input type="checkbox"/> eigenes Gerät	<input type="checkbox"/> Schulgerät	<input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht
	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen	<input type="checkbox"/> nutze ich nicht
2.7 Overheadprojektor	<input type="checkbox"/> eigenes Gerät	<input type="checkbox"/> Schulgerät	<input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht
	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen	<input type="checkbox"/> nutze ich nicht
2.8 Internet	<input type="checkbox"/> eigener Zugang	<input type="checkbox"/> Schulzugang	<input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht
	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen	<input type="checkbox"/> nutze ich nicht
2.9 Sonstiges	<input type="checkbox"/> eigenes Gerät	<input type="checkbox"/> Schulgerät	<input type="checkbox"/> nutze ich im Unterricht
	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Unterrichtsvorbereitung	<input type="checkbox"/> nutze ich zur Kommunikation mit Schülern, Eltern oder Kollegen	<input type="checkbox"/> nutze ich nicht
2.10 und zwar:			

Wie würden Sie die technische Ausstattung und die Unterstützungsmöglichkeiten zum digitalen Lernen an Ihrer Schule bewerten? Bitte schätzen Sie die Qualität anhand der folgenden Skala ein.

	sehr gut 1	2	3	überhaupt nicht gut 4	nicht vorhanden
2.11 Technische Ausstattung	<input type="checkbox"/>				
2.12 WLAN	<input type="checkbox"/>				
2.13 Support und Betreuung	<input type="checkbox"/>				
2.14 Weiterbildung und Qualifizierung	<input type="checkbox"/>				

2.15 Welchen Stellenwert hat die Einführung digitaler Lernformen bisher an Ihrer Schule? hoch niedrig

Wie bewerten Sie diese Zukunftsvisionen für die digitale Schule?

	finde ich sehr gut	finde ich eher gut	finde ich eher nicht	find ich gar nicht gut
2.16 In manchen Fällen wird Unterricht in virtuellen Klassenräumen stattfinden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.17 Bei der Einstellung von neuen Lehrerinnen und Lehrern wird verstärkt auf deren Medienkompetenz geachtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.18 Statt zentraler Arbeitstreffen mit dem Kollegium werden diese Meetings online stattfinden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4

--	--	--

2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]

	finde ich sehr gut	finde ich eher gut	finde ich eher nicht	find ich gar nicht gut
2.19 Die Kommunikation zwischen Eltern und Lehrern wird zunehmend online stattfinden, z.B. per Mail oder Webkonferenz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.20 Digitalisierung wird ein unverzichtbarer Bestandteil von Lehrerfortbildungen sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.21 Schulen werden eine professionelle IT-Organisation aufbauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.22 An jeder Schule wird den Lehrkräften pädagogischer Support für die unterrichtliche Nutzung von digitalen Medien bereitgestellt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welches Wissen und welche Kompetenzen lassen sich nach Ihrer pers. Erfahrung durch das Lernen mit digitalen Medien besonders fördern?

	besonders gut 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.23 Wissen (Kenntnisse besitzen)	<input type="checkbox"/>						
2.24 Fertigkeiten (Wissen anwenden können)	<input type="checkbox"/>						
2.25 Sozialkompetenz (mit anderen Menschen kommunizieren können)	<input type="checkbox"/>						
2.26 Selbstständigkeit (eigenständiges Handeln)	<input type="checkbox"/>						
2.27 Medienkompetenz (souverän mit Medien umgehen können)	<input type="checkbox"/>						

Mit welchen der folgenden Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien haben Sie bereits Unterrichtserfahrung?

	Positive Erfahrung 1	2	3	4	5	negative Erfahrung 6	keine Erfahrung
2.28 Arbeitsergebnisse oder Ideen mit digitalen Medien kommunizieren und präsentieren	<input type="checkbox"/>						
2.29 Themenbereiche durch mediale Darbietungen (Video, VR) erkunden	<input type="checkbox"/>						
2.30 Gestalten von Artefakten mit digitalen Werkzeugen (Musik, Hörspiel oder Video)	<input type="checkbox"/>						
2.31 Kommunikationsplattform für den Klassenverbund	<input type="checkbox"/>						
2.32 Einsatz von QR Codes	<input type="checkbox"/>						
2.33 Nutzen von Wiederholungs- und Memorierungsübungen (Drag&Drop Zuordnungsaufgaben, Quizzes,...)	<input type="checkbox"/>						
2.34 Anleiten von Schülern durch Apps oder Videos	<input type="checkbox"/>						

05.03.2018, Seite 3/10



2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]

	Positive Erfahrung		negative Erfahrung				keine Erfahrung
	1	2	3	4	5	6	
2.35 Einsatz von programmierbaren Robotersystemen für Kinder (BeeBots, Lego WeDo o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.36 Einsatz von Mikrocontrollern (Calliope o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.37 Einsatz von Lernspielen	<input type="checkbox"/>						
2.38 Verwenden des Internets mit Suchmaschinen für Kinder (Blinde Kuh o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.39 Verwenden von Suchmaschinen nicht speziell für Kinder (Google o.ä.)	<input type="checkbox"/>						
2.40 Digitale Medien als Unterrichtsthema	<input type="checkbox"/>						
2.41 Sonstiges	<input type="checkbox"/>						
2.42 und zwar:							

Welche Herausforderungen und Schwierigkeiten sehen Sie, wenn es um digitales Lernen in der Schule geht? Bitte geben Sie an, inwieweit die Aussage auf Sie zutrifft.

	voll und ganz 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.43 Die Kosten für die Beschaffung von Lerninhalten sind zu hoch.	<input type="checkbox"/>						
2.44 Die Kosten für die technische Ausstattung (Hard- & Software) sind zu hoch.	<input type="checkbox"/>						
2.45 Die Wartung der Geräte und Anwendungen ist zu teuer.	<input type="checkbox"/>						
2.46 Die technischen Geräte und Systeme funktionieren nicht immer zuverlässig.	<input type="checkbox"/>						
2.47 Ich habe Bedenken wegen gesundheitlicher Auswirkungen z.B. WLAN.	<input type="checkbox"/>						
2.48 Ich habe Bedenken wegen mentaler Auswirkungen, z.B. kognitive Entwicklung, Internetsucht.	<input type="checkbox"/>						
2.49 Andere Dinge/Aufgaben lassen den Schülern nur wenig Zeit für digitale Bildung.	<input type="checkbox"/>						
2.50 Rechtliche Fragen, z.B. zu Urheberrechten, Datenschutz, stellen ein Problem dar.	<input type="checkbox"/>						



B Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4

--	--	--

2. Technische Ausstattung und Organisation [Fortsetzung]

	voll und ganz 1	2	3	4	5	überhaupt nicht 6	kann ich nicht beurteilen
2.51 Es fehlt eine professionelle Betreuung der digitalen Infrastruktur an der Schule.	<input type="checkbox"/>						
2.52 Das Angebot zu digitaler Bildung ist zu unübersichtlich.	<input type="checkbox"/>						
2.53 Die Qualität der Angebote zu digitaler Bildung ist fragwürdig.	<input type="checkbox"/>						
2.54 Schülerinnen und Schülern fehlt es an Medienkompetenz.	<input type="checkbox"/>						
2.55 Lehrerinnen und Lehrern fehlt es an Medienkompetenz.	<input type="checkbox"/>						
2.56 Es fehlen Regelungen zur Anrechnung des erhöhten Aufwands der Lehrerinnen und Lehrer beim Einsatz von digitalen Medien.	<input type="checkbox"/>						
2.57 Die Abstimmung mit dem Schulträger ist sehr aufwändig.	<input type="checkbox"/>						
2.58 Es fehlt an Weiterbildungsangeboten für Lehrkräfte.	<input type="checkbox"/>						
2.59 Lehrerinnen und Lehrern fehlt ein Verständnis zugrundeliegender Prinzipien digitaler Medien.	<input type="checkbox"/>						
2.60 Lehrerinnen und Lehrern fehlt es an Problemlösekompetenz im Umgang mit technischen Problemen.	<input type="checkbox"/>						

2.61 Gibt es an Ihrer Schule einen schulinternen Arbeitskreis/eine Gesprächsrunde für Lehrerinnen und Lehrer zum Thema digitale Medien? ja nein weiß nicht

2.62 Wenn ja, worum handelt es sich?

2.63 Wie würden Sie Ihre Motivation hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien beschreiben? hoch niedrig



--	--	--

3. Einschätzungen zu Digitalisierung und den sich daraus erwachsenden Herausforderungen

Wie bewerten Sie die folgenden Thesen zu Digitalisierung und den daraus für die Schule erwachsenden Herausforderungen?

	<i>stimme voll und ganz zu</i>	<i>stimme eher zu</i>	<i>stimme eher nicht zu</i>	<i>stimme gar nicht zu</i>	<input type="checkbox"/>				
3.1 Die Digitalisierung und die daraus entstehende Automatisierung und Vernetzung führen dazu, dass vernetzte Computer (Smartphones, Tablets etc.) das Buch zunehmend als Leitmedium ablösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2 Durch die Digitalisierung befinden wir uns in einem Leitmedienwechsel, dessen Umfang, Ende und Konsequenzen nur schwer abzuschätzen sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3 Computer prägen zunehmend unser Denken und Handeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4 Kinder und Jugendliche werden aufgrund der ständigen Verfügbarkeit vernetzter, digitaler Medien heute anders sozialisiert als noch vor 10 Jahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.5 Die Schule verliert aufgrund der ständigen Verfügbarkeit von Informationen im Internet zunehmend ihr früheres Informationsmonopol.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.6 Digitalisierung und der sich daraus ergebenden Leitmedienwechsel verändern die Anforderungen an die Allgemeinbildung weit über die Bedienung digitaler Geräte hinaus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.7 Soft Skills wie Kreativität, Teamfähigkeit und Sozialkompetenz werden in einer digitalisierten Gesellschaft wichtiger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.8 In einer digitalisierten Welt müssen Schülerinnen und Schüler Information vermehrt auf ihre Relevanz und Glaubwürdigkeit hin überprüfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.9 Die Fähigkeit präsentieren und kommunizieren zu können ist deutlich wichtiger als früher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.10 Die Nutzung digitaler Medien kann das Lernen fördern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.11 Digitales gehört in die Schule, weil es die Alltagsrealität der Schülerinnen und Schüler prägt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.12 Digitale Kompetenzen sind heute eine notwendige Kulturtechnik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.13 Mit digitalen Medien lassen sich gewisse Abläufe in der Schule effizienter gestalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4

--	--	--

3. Einschätzungen zu Digitalisierung und den sich daraus erwachsenden Herausforderungen [Fortsetzung]

Beurteilen Sie die Wichtigkeit der folgenden Aspekte digitaler Kompetenz für die Grundschule.

		<i>stimme voll und ganz zu</i>	<i>stimme eher zu</i>	<i>stimme eher nicht zu</i>	<i>stimme gar nicht zu</i>	
3.14 Anwendungskompetenzen: Grundschülerinnen und -schüler müssen lernen, digitale Medien effektiv und effizient zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.15 Medienkompetenz: Um sich souverän in einer digitalisierten Welt zu bewegen, sollten Grundschülerinnen und -schüler ihre Nutzung digitaler Medien reflektieren und deren Bedeutung und Wirkung kritisch hinterfragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.16 Informatikkompetenz: Um die heutige Welt zu verstehen müssen Grundschülerinnen und -schüler über ein Grundverständnis des Digitalen verfügen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Eigene Kompetenzen

Das KMK-Modell bestimmt Kompetenzbereiche, die für Schülerinnen und Schüler, aber auch für Lehrerinnen und Lehrer relevant sind. Wie schätzen Sie Ihre eigenen Kompetenzen in den folgenden Bereichen ein:

	hoch 1	2	3	4	5	niedrig 6	kann ich nicht beurteilen
4.1 Bedienen und Anwenden digitaler Medien	<input type="checkbox"/>						
4.2 Suchen und Verarbeiten von Information mithilfe digitaler Medien	<input type="checkbox"/>						
4.3 Kommunizieren und Kooperieren mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						
4.4 Produzieren und Präsentieren mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						
4.5 Erkennen von Lernpotenzialen und Entwickeln von Lernstrategien mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						
4.6 Erwerben und Anwenden von Wissen über digitale Medien	<input type="checkbox"/>						
4.7 Analysieren, Reflektieren und Diskutieren über digitale Medien	<input type="checkbox"/>						
4.8 Selbstreguliertes und verantwortungsbewusstes Handeln mit digitalen Medien	<input type="checkbox"/>						



--	--	--

4. Eigene Kompetenzen [Fortsetzung]

Wie schätzen Sie außerdem Ihre eigenen Kompetenzen in den folgenden lehrbezogenen Bereichen ein.

	hoch	1	2	3	4	5	niedrig	6	kann ich nicht beurteilen
4.9 Medienbezogene informatische Kenntnisse, insbesondere der Umgang mit Hardware, Software und Internet im Unterricht, Konzeptwissen über Datenbanken und Algorithmen etc.	<input type="checkbox"/>								
4.10 Medienbezogene pädagogisch-psychologische Kenntnisse, insbesondere Wissen über lernförderliche Aspekte digitaler Medien und wie man diese für die Unterrichtsgestaltung nutzbar machen kann	<input type="checkbox"/>								
4.11 Medienbezogene fachliche Kenntnisse, zum Beispiel Wissen über Stellenwert und Funktionsweise von Rechensystemen bei der Simulation neuronaler Netzwerke in der Biologie	<input type="checkbox"/>								
4.12 Medienbezogene fachdidaktische Kenntnisse, zum Beispiel Wissen über die lernförderlichen Potenziale von Schreibprogrammen im Kompetenzbereich 'Schreiben' im Fach Deutsch.	<input type="checkbox"/>								

5. Einschätzungen zu Informatik in der Grundschule

In Großbritannien und anderen Ländern werden informatische Denkweisen bereits ab der ersten Klasse unterrichtet. Welche der folgenden Aspekte des sogenannten "Computational Thinking" sehen sie in der Grundschule als anschlussfähig an?

	<i>stark anschlussfähig</i>	1	2	3	4	5	<i>nicht anschlussfähig</i>	6
5.1 Logisches Schlussfolgern, Erklärungen geben und Voraussagen treffen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2 Algorithmen: Schrittfolgen aufstellen und Regeln bestimmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3 Dekomposition: Größere Probleme in Teilprobleme aufteilen und lösen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4 Abstraktion: Unwichtige Details weglassen und dadurch Komplexität bewältigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5 Generalisierung: Muster und Gemeinsamkeiten erkennen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.6 Evaluation: Ergebnisse beurteilen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.7 Nachdenken, experimentieren, erkunden von Gegenständen und Sachverhalten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.8 Kreativität: Designen und umsetzen von Ideen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.9 Fehler suchen, finden und beheben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



B Fragebogen für Lehrkräfte zu Kapitel 4

--	--	--

5. Einschätzungen zu Informatik in der Grundschule [Fortsetzung]

	<i>stark anschlussfähig</i>					<i>nicht anschlussfähig</i>
	1	2	3	4	5	6
5.10 Durchhalten: Probleme meistern und lernen nicht aufzugeben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.11 Kollaboration: Mit anderen zusammenarbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.12 Alternativen: Mehrere Lösungswege für eine Aufgabe finden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

International aber auch in Deutschland gibt es Ansätze, informatische Grundlagen für das Verständnis der digitalen Welt bereits in der Grundschule zu thematisieren.

	<i>nicht in der Grundschule</i>					<i>kann ich nicht beurteilen</i>
	<i>ab der 1. Klasse</i>	<i>ab der 2. Klasse</i>	<i>ab der 3. Klasse</i>	<i>ab der 4. Klasse</i>		
5.13 Ab wann sollte dies Ihrer Meinung nach erfolgen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Persönlicher Fortbildungsbedarf

Ich benötige eine Fortbildung...

	trifft voll zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	Keine Aussage möglich
6.1 zum Umgang mit der schulischen Medianausstattung (Hardware)	<input type="checkbox"/>				
6.2 zum Umgang mit fachspezifischer Software	<input type="checkbox"/>				
6.3 zum Umgang mit Präsentationssoftware	<input type="checkbox"/>				
6.4 zum Umgang mit gängigen Office-Programmen	<input type="checkbox"/>				
6.5 zur Bild-/Fotobearbeitung	<input type="checkbox"/>				
6.6 zur Audibearbeitung	<input type="checkbox"/>				
6.7 zur Videobearbeitung	<input type="checkbox"/>				
6.8 zur Webseitengestaltung	<input type="checkbox"/>				
6.9 zur Programmierung von Web-Anwendungen/Apps	<input type="checkbox"/>				
6.10 zu Strategien und Möglichkeiten der Internetrecherche	<input type="checkbox"/>				
6.11 zu interaktiven Kommunikations- und Kooperationstools	<input type="checkbox"/>				
6.12 zur didaktischen Nutzung digitaler Medien im Fachunterricht	<input type="checkbox"/>				
6.13 zum effektiven Einsatz der mebis-Angebote	<input type="checkbox"/>				
6.14 zum Einsatz von (Learning-) Apps	<input type="checkbox"/>				

F4143U894551734P9PL0V1

05.03.2018, Seite 9/10



--	--	--

6. Persönlicher Fortbildungsbedarf [Fortsetzung]

Ich benötige eine Fortbildung...

	trifft voll zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	Keine Aussage möglich
6.15 zur digitalen Noten-/ Schülerverwaltung	<input type="checkbox"/>				
6.16 im Bereich Urheberrecht und Datenschutz	<input type="checkbox"/>				
6.17 zur Mediennutzung und zu Medientrends im Alltag der Schülerinnen und Schüler	<input type="checkbox"/>				
6.18 zu Gefahren im Internet	<input type="checkbox"/>				
6.19 zu informatischer Bildung in der Grundschule	<input type="checkbox"/>				
6.20 Sonstiges	<input type="checkbox"/>				
6.21 und zwar:					

7. Statistik

Hiermit haben wir das Ende des Fragebogens erreicht. Herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit für unsere Befragung genommen haben.
Wir bitten Sie im Folgenden noch einige statistische Daten anzugeben.

7.1 Sie sind...	<input type="checkbox"/> ... weiblich	<input type="checkbox"/> ... männlich	
7.2 Sie gehören zur Altersgruppe...	<input type="checkbox"/> ... 18 - 29 Jahre	<input type="checkbox"/> ... 30 - 39 Jahre	<input type="checkbox"/> ... 40 - 49 Jahre
	<input type="checkbox"/> ... 50 - 59 Jahre	<input type="checkbox"/> ... 60 Jahre oder älter	
7.3 Bitte geben Sie die Schülerzahl Ihrer Schule an.	<input type="checkbox"/> bis 125	<input type="checkbox"/> zwischen 126 und 250	<input type="checkbox"/> zwischen 251 und 375
	<input type="checkbox"/> zwischen 376 und 500	<input type="checkbox"/> zwischen 501 und 625	<input type="checkbox"/> zwischen 636 und 750
	<input type="checkbox"/> zwischen 751 und 875	<input type="checkbox"/> zwischen 876 und 1000	<input type="checkbox"/> über 1000
7.4 Sie unterrichten seit ...	<input type="checkbox"/> ... weniger als 1 Jahr	<input type="checkbox"/> ... 1 - 5 Jahren	<input type="checkbox"/> ... 6 - 10 Jahren
	<input type="checkbox"/> ... 11 - 20 Jahren	<input type="checkbox"/> ... 21-30 Jahren	<input type="checkbox"/> ... über 30 Jahren
7.5 Gibt es an Ihrer Schule eine Person, die für die Betreuung und Einrichtung von IT und Medien zuständig ist?	<input type="checkbox"/> ja, ein Lehrer beauftragt durch die Schulleitung (mit Anrechnungsstunden)	<input type="checkbox"/> ja, ein Lehrer in Eigeninitiative	<input type="checkbox"/> ja, ein externer Mitarbeiter
	<input type="checkbox"/> nein		



**Anhang C: Fragebogen für
Fachdidaktikerinnen und
Fachdidaktiker zu Kapitel 5**

C Fragebogen für Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker zu Kapitel 5

Digitalisierung in den Fächern
Befragung der Fachdidaktiken



Befragung der Fachdidaktiken zur Digitalisierung in den Fächern

Die Erhebung soll dabei helfen, die folgenden Fragen näher zu beleuchten:

1. Welche **Rolle** spielt Digitalisierung in den **Fächern** bzw. deren **Bezugswissenschaften**? Mit welchen digitalen Themen beschäftigen sie sich? Was ändert sich durch die Digitalisierung für das Lernen im Fach?
2. Welche **digitalen Werkzeuge** verwenden die Fächer/Bezugswissenschaften und Fachdidaktiken?
3. Wie werden „digitale Medien“ in den Fächern **eingesetzt**?
4. Was sind wichtige (fachdidaktische) **Forschungs- bzw. Praxisarbeiten** zu Digitalisierung im Fach bzw. zum Einsatz digitaler Medien im Fach?
5. Welche **fachbezogenen Angebote in der Lehrerbildung** existieren bereits zur Digitalisierung (an Ihrer Universität/in Deutschland/international)?
6. Welche **Bildungsbedarfe** für angehende Lehrerinnen und Lehrer sehen die Fachdidaktiken / Fachwissenschaften bezogen auf die Digitalisierung?

Bitte skizzieren Sie die Antworten (oder auch Ideen zu den verschiedenen Aspekten) im vorliegenden Dokument. Der Fragebogen kann gern auch verteilt und/oder kollaborativ bearbeitet werden. Es geht darum, explorativ Rolle und Wirkungen der Digitalisierung in den Fächern zu bestimmen. Dabei geht es uns nicht nur um „Digitale Medien“ und deren Einsatz, sondern auch um Veränderungen, die sich aus der Digitalisierung selbst ergeben, das Forschen in den Bezugswissenschaften verändern und zu neuen Themen auch für den Fachunterricht führen (können). Gern dürfen Sie die Fragen auch ergänzen oder interpretieren.

Besten Dank und viel Freude beim Reflektieren der digitalisierungsbezogenen Entwicklungen im Fach!

Digitalisierung in den Fächern

Befragung der Fachdidaktiken

1. Welche Rolle spielt Digitalisierung in den Fächern bzw. deren Bezugswissenschaften?

Welche Forschungsfelder Ihrer Bezugswissenschaft wurden erst mit der Digitalisierung möglich oder entscheidend durch Digitalisierung vorangetrieben?

Welche Forschungsfelder Ihrer Fachdidaktik wurden erst mit der Digitalisierung möglich oder entscheidend durch Digitalisierung vorangetrieben?

Beurteilen Sie kurz die Relevanz der folgenden wissenschaftlichen Methoden, die im Rahmen der Digitalisierung relevant wurden, aus Sicht ihrer Bezugswissenschaft:

- Simulation: gering
- Datenerfassung, -archivierung, -verarbeitung und -visualisierung: hoch
- Modellierung: mittel
- Automatisierung: mittel

(Fach-)Unterricht in einer digitalen Welt kann auch (Fach-)Unterricht über Digitalisierung und ihre Phänomene und Auswirkungen im Fach bedeuten. Nennen Sie bitte Themen aus dem Kontext der Digitalisierung, die aus fachlicher Sicht relevant für Ihr Unterrichtsfach sind.

C Fragebogen für Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker zu Kapitel 5

Digitalisierung in den Fächern

Befragung der Fachdidaktiken

2. Welche digitalen Werkzeuge verwenden die Fächer/Bezugswissenschaften und die Fachdidaktiken?

Nennen Sie bitte digitale Werkzeuge bzw. Soft- oder Hardwareprodukte, die für die Forschung in der Bezugswissenschaft ihres Faches eingesetzt werden.

Nennen Sie bitte digitale Werkzeuge bzw. Soft- oder Hardwareprodukte, die für die Forschung in ihrer Fachdidaktik eingesetzt werden.

Nennen Sie bitte digitale Werkzeuge bzw. Soft- oder Hardwareprodukte, die für den Unterricht in ihrem Fach eingesetzt werden.

3. Wie werden „digitale Medien“ im Fachunterricht eingesetzt?

Für welche Zwecke werden digitale Medien fachspezifisch eingesetzt? Beschreiben oder referenzieren Sie bitte stichwortartig gelungene Beispiele für den Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht Ihres Faches!

4. Was sind wichtige (fachdidaktische) Forschungs- bzw. Praxisarbeiten zur Digitalisierung im Fach bzw. zum Einsatz Digitaler Medien im Fach?

Wer beschäftigt sich mit dem Thema Digitalisierung im Fach bzw. zum Einsatz digitaler Medien in ihrem Fachbereich? Nennen Sie bitte entsprechende Kolleg(inn)en.

Welche Standardwerke oder Veröffentlichungen von Fachverbänden (bspw. Positionspapiere) oder Wissenschaftlern für die Berücksichtigung digitaler Bildung im Fachunterricht existieren?

Digitalisierung in den Fächern

Befragung der Fachdidaktiken

5. Welche Angebote in der Lehrerbildung existieren bereits zur Digitalisierung (an Ihrer Universität /in Deutschland/ international), sodass Ihre Fachdidaktik daran anknüpfen kann?

Welche (eigenständigen oder integrierten) Angebote existieren?

Wie sind diese jeweils aus fachdidaktischer Perspektive zu beurteilen?

6. Welchen Bildungsbedarf für angehende Lehrerinnen und Lehrer sehen die Fachdidaktiken / Fachwissenschaften bezogen auf die Digitalisierung?

Welche digitalisierungsbezogenen Kompetenzen sollten aus Sicht Ihres Faches im Lehramtsstudium erworben werden? Sollten diese Gegenstand des Fachstudiums, des fachdidaktischen Studiums, der Bildungswissenschaften oder einer übergreifenden/anderweitigen Lehrveranstaltung sein?

C.1 Werkzeugwahl digi4all

Wichtig für die Gestaltung eines mehrheitlich bzw. rein digitalen Kurses ist die Auswahl geeigneter Werkzeuge. Da im Kurs auch grundlegende Programmierkonzepte vermittelt werden sollten, musste zum einen ein Programmierwerkzeug gewählt werden. Zum anderen sollte auch immer wieder die Kommunikation der Teilnehmerinnen und Teilnehmer untereinander gefördert werden (GP5), weshalb explizit auch Werkzeuge zur Kommunikation eingebunden wurden. Schließlich sollen gelernte Konzepte wiederholt mit spielerischen Anwendungen ausprobiert werden können (GP4), weshalb auch die Auswahl interaktiver Werkzeuge und Applets⁴⁸ eine Rolle spielt.

Für das Experimentieren mit Programmierung, Simulationen oder Datenanalysen existiert eine Vielzahl verschiedener Werkzeuge. Da Programmierwerkzeuge auch die Umsetzung von Simulationen oder Datenanalysen erlauben, umgekehrt aber spezielle Werkzeuge für Simulationen (etwa NetLogo⁴⁹) oder Datenanalysen (etwa Orange3⁵⁰) für die jeweils anderen Anwendungsfälle nicht geeignet sind, wurde entschieden, lediglich ein Programmierwerkzeug einzuführen. Bei den Programmierwerkzeugen gibt es nun die Möglichkeit, ein professionell genutztes Werkzeug, ein *Teaching System* oder ein *Empowering System* zu wählen (Kelleher und Pausch, 2005). Aufgrund der Fokussierung auf Lehrkräfte aller Fächer und Schularten, also insbesondere auch aus nicht-technischen Fachbereichen, fiel die Wahl auf ein Empowering System – eine Programmierwerkzeugkategorie, die insbesondere bei Kursen der Kategorie Gesellschaft anteilig häufiger eingesetzt wird (vgl. Kapitel 6) und die spielerisches Ausprobieren unterstützt (GP4). Im Bereich der Empowering Systems standen nach anfänglicher Vorauswahl aufgrund der Zahl an Nutzerinnen und Nutzern die beiden weitverbreiteten Werkzeuge Scratch und Snap! zur Auswahl. Letztlich fiel die Wahl auf Snap!. Ausschlaggebend waren vor allem zwei Gründe: Zum einen sollte auch die Programmierumgebung möglichst zugänglich und damit auf möglichst vielen Systemen ohne Installation nutzbar sein. So lag zum Zeitpunkt des erstmaligen Anbietens des Kurses Scratch noch nicht als HTML5-basierte und ausschließlich im Webbrowser nutzbare Version vor, die aber den Zugang deutlich vereinfacht und daher zu bevorzugen ist. Zum anderen bot Snap! einen erweiterten Funktionsumfang, etwa zusätzliche Möglichkeiten in der Nutzung von Daten und Tabellen, die u. a. bei datenbasierten Projekten bspw. in naturwissenschaftlichen Fächern hilfreich sind und damit durch Kontextualisierung die Relevanz für Lehramtsstudierende aller Fächer erhöhen (GP2).

Um die Kommunikation zwischen Teilnehmerinnen und Teilnehmern anzuregen, galt es Werkzeuge auszuwählen, die den asynchronen Austausch ermöglichen, gleichzeitig aber

⁴⁸Bei Applets handelt es sich um Anwendungen mit kleinem Umfang und eng eingegrenzter Aufgabe, beispielsweise das Zählen von Wörtern in einem Text.

⁴⁹Details siehe <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>.

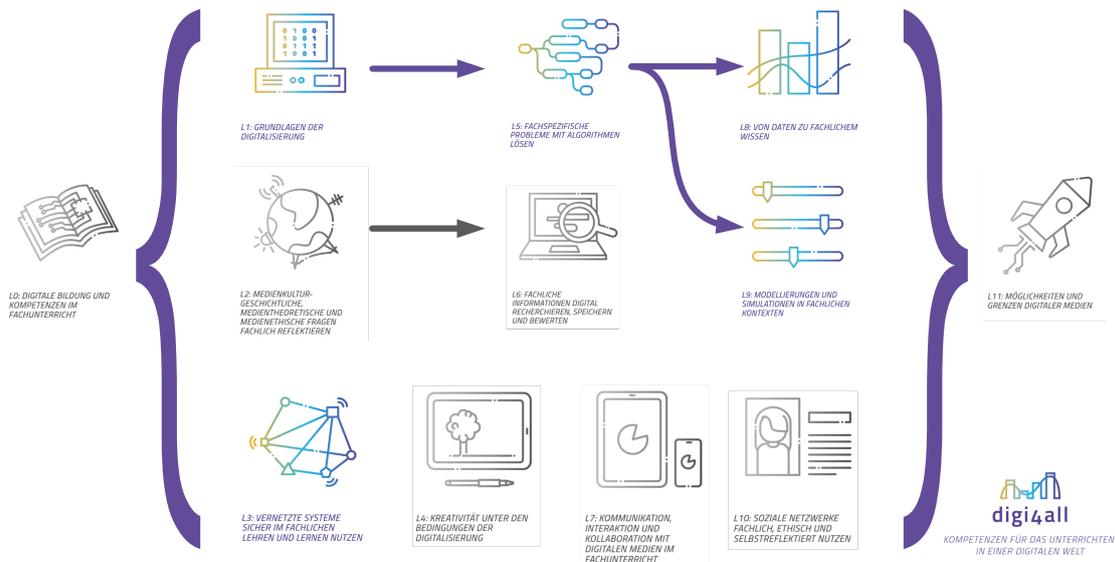
⁵⁰Details siehe <https://orange.biolab.si/>.

keinen zusätzlichen Aufwand in Ihrer Nutzung (etwa durch eine zusätzliche Registrierung) mit sich bringen. Wie die meisten Lernmanagementsysteme verfügt auch das hier verwendete über die Möglichkeit, Foren einzurichten. Zusätzlich zu den Foren wurde außerdem eine digitale Pinnwandplattform verwendet. Auf einer solchen Plattform können Studierende multimediale Beiträge (Texte, Audio, Bilder, Videos) ähnlich wie Haftnotizen auf einer digitalen Pinnwand anbringen. Inhalte können auf beliebige Weise verteilt, gruppiert und verbunden oder in vorgegebene Spalten einsortiert, Beiträge zudem kommentiert werden. Entsprechende Werkzeuge wurden in der Vergangenheit bereits in Hochschulkursen eingesetzt und unterstützten Studierende dort beim Lernen bzw. dem Austausch von Ideen (*Dewitt, Alias und Siraj, 2015*).

Zuletzt soll es auch immer wieder möglich sein, informatische Konzepte in spielerischen Anwendungen auszuprobieren (GP4). Dazu gibt es bereits jetzt eine Auswahl an interaktiven Applets für informatische Konzepte. Aus Kompatibilitätsgründen sollten alle Applets ohne Plug-in im Webbrowser nutzbar sein. Eine umfassende Sammlung solcher Applets bietet der CS Field Guide (*Bell, Morgan und Duncan, 2013*). Dieser deckt die Bereiche Algorithmen, Programmiersprachen, Mensch-Maschine-Interaktion, Repräsentation von Daten, Komprimierung von Daten, Verschlüsselung, Fehlerüberprüfung, künstliche Intelligenz, Komplexität, Computergrafik, Computer Vision, formale Sprachen, Netzwerkprotokolle und Big Data ab. Passend zu den Inhalten des Kurses wurden daher Angebote aus dem CS Field Guide übernommen und wo nötig durch selbst entwickelte interaktive Applets ergänzt.

Anhang D: Struktur digi4all

In der folgenden Abbildung ist die Gesamtstruktur von digi4all dargestellt. Eingerahmt werden die inhaltlichen Module von einem einleitenden und einem abschließenden Modul. Die fünf Module mit rein informatischen Inhalten sind farbig dargestellt, die anderen Module ausgegraut.



Anhang E: Fragebogen zur Eingangserhebung von digi4all

E Fragebogen zur Eingangserhebung von digi4all

digi4all Eingangserhebung

[<<ZurStartseite](#)

[Weiter >>](#)

Diese Umfrage ist vollständig anonym. Um Ihre Antworten über mehrere Evaluationsbögen verknüpfen zu können, möchten wir Sie daher bitten eine anonyme Kennung zu nutzen: die ersten 2 Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter, die ersten 2 Buchstaben ihrer Straße und die letzte Ziffer Ihrer Hausnummer (z.B. MiSt0).

Antwort:

[<<ZurStartseite](#)

[Weiter >>](#)

<<Zurück

Weiter >>

Bevor es um die Bewertung des eigentlich Moduls geht, bitten wir Sie um eine Selbsteinschätzung zum Themenbereich Informatik.

Bitte geben Sie an, in welchem Ausmaß die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen. Beachten Sie bitte, dass es hier keine 'richtigen' oder 'falschen' Antworten gibt.

*

	1 (trifft nicht zu)	2	3	4	5	6	7 (trifft völlig zu)	Keine Angabe
Ich kann erklären wie Computer Daten in 0 und 1 speichern.	<input type="radio"/>							
Ich kann Auswirkungen von Algorithmen auf mein Fach einschätzen.	<input type="radio"/>							
Ich kann die Bedeutung von Daten und Datenanalysen für meine Fächer einschätzen.	<input type="radio"/>							
Ich kann Simulationen im Unterricht einsetzen.	<input type="radio"/>							
Ich kann Simulationen für den Unterrichtseinsatz selbst erstellen.	<input type="radio"/>							
Ich kann Daten aus meinem Fach analysieren und ihre Bedeutung im Unterricht diskutieren.	<input type="radio"/>							
Ich kann die Funktion der wichtigsten Komponenten eines Computers beschreiben.	<input type="radio"/>							
Ich kann einfache Programme für den Unterrichtseinsatz erstellen.	<input type="radio"/>							
Ich kann zwischen digitalen und analogen Darstellungen unterscheiden.	<input type="radio"/>							
Die Herausforderung Probleme mithilfe des Computers zu lösen spricht mich an.	<input type="radio"/>							
Ich denke Informatik ist langweilig.	<input type="radio"/>							
Ich denke Informatik ist interessant.	<input type="radio"/>							

*Erforderliche Angabe

<<Zurück

Weiter >>

E Fragebogen zur Eingangserhebung von digi4all

digi4all Eingangserhebung

<<Zurück

Umfrage beenden >>

Zum Abschluss bitten wir Sie noch um einige statistische Angaben.

Ich studiere ...

- ... Grundschullehramt.
- ... Mittelschullehramt.
- ... Realschullehramt.
- ... Gymnasiallehramt.
- ... Lehramt für berufliche Schulen.
- Sonstiges

Mein Hauptfach ist ... / Meine Fächer sind ... *

Antwort:

Bitte geben Sie ihr Geschlecht an *

- Weiblich
- Männlich
- Divers
- Keine Angabe

Bitte geben Sie an, ob und wann Sie Informatik in der Schule hatten. *

- In Natur und Technik (6. und 7. Klasse)
- In Natur und Technik (6. und 7. Klasse) und der 9. und 10. Klasse
- In Natur und Technik (6. und 7. Klasse), der 9. und 10. Klasse und der Oberstufe
- Gar nicht

*Erforderliche Angabe

<<Zurück

Umfrage beenden >>

Anhang F: Fragebogen zur Modulevaluation von digi4all

F Fragebogen zur Modulevaluation von digi4all

Modulevaluation

20%

[<<ZurStartseite](#)

[Weiter >>](#)

Diese Umfrage ist vollständig anonym. Um Ihre Antworten über mehrere Evaluationsbögen verknüpfen zu können, möchten wir Sie daher bitten eine anonyme Kennung zu nutzen: die ersten 2 Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter, die ersten 2 Buchstaben ihrer Straße und die letzte Ziffer Ihrer Hausnummer (z.B. MiSt0).

Antwort:

[<<ZurStartseite](#)

[Weiter >>](#)

Modulevaluation

40%

<<Zurück

Weiter >>

Bitte beurteilen Sie die folgenden Aussagen.

*

	1 (trifft nicht zu)	2	3	4	5	6	7 (trifft völlig zu)	Keine Angabe
Ich lerne viel durch das Modul.	<input type="radio"/>							
Der Besuch des Moduls lohnt sich.	<input type="radio"/>							
Mein Wissensstand ist nach Absolvieren des Moduls wesentlich höher als vorher.	<input type="radio"/>							
Ich lerne etwas Sinnvolles und Wichtiges.	<input type="radio"/>							
Es treten oft unnötige inhaltliche Überschneidungen mit anderen Kursen auf.	<input type="radio"/>							
Die behandelten Themen werden kritisch/von verschiedenen Seiten beleuchtet.	<input type="radio"/>							
Das Modul motiviert dazu, mich selbst mit den Inhalten zu beschäftigen.	<input type="radio"/>							

Hier haben Sie die Möglichkeit, Ihre im vorangegangenen Fragenblock vorgenommenen Urteile und Einschätzungen zu erläutern.

Antwort:

*Erforderliche Angabe

<<Zurück

Weiter >>

F Fragebogen zur Modulevaluation von digi4all

Modulevaluation

60%

<<Zurück

Weiter >>

Bitte beurteilen Sie die folgenden Aussagen.

*

	1 (trifft nicht zu)	2	3	4	5	6	7 (trifft völlig zu)	Keine Angabe
Die Bedeutung/Der Nutzen der behandelten Themen wird vermittelt.	<input type="radio"/>							
Der Stoff wird anhand von Beispielen veranschaulicht.	<input type="radio"/>							
Der inhaltliche Aufbau des Moduls ist unlogisch/nicht nachvollziehbar.	<input type="radio"/>							
Ich verfüge über ein grundlegendes Verständnis als vor dem Absolvieren des Moduls.	<input type="radio"/>							
Die Relevanz der Theorie für die Schulpraxis wird deutlich.	<input type="radio"/>							
Die Relevanz der Theorie für die Anwendung in den von mir studierten Fachwissenschaften wird NICHT deutlich.	<input type="radio"/>							

Hier haben Sie die Möglichkeit, Ihre im vorangegangenen Fragenblock vorgenommenen Urteile und Einschätzungen zu erläutern.

Antwort:

*Erforderliche Angabe

<<Zurück

Weiter >>

Modulevaluation

80%

<<Zurück

Weiter >>

Bitte beurteilen Sie folgende Aussagen.

*

	1 (trifft nicht zu)	2	3	4	5	6	7 (trifft völlig zu)	Keine Angabe
Der Umfang des Stoffes ist angemessen.	<input type="radio"/>							
Die Schwierigkeit des Stoffes ist angemessen.	<input type="radio"/>							
Das Arbeitstempo, das das Modul von mir verlangt, ist angemessen.	<input type="radio"/>							
Das Anforderungsniveau des Moduls ist insgesamt zu hoch.	<input type="radio"/>							
Das Modul setzt zu viel persönliches Vorwissen voraus.	<input type="radio"/>							

Wie viel Zeit haben Sie circa für das Modul benötigt? *

- weniger als 30 Minuten
- zwischen 30 Minuten und 1 Stunde
- zwischen 1 und 2 Stunden
- Mehr als 2 Stunden

Hier haben Sie die Möglichkeit, Ihre im vorangegangenen Fragenblock vorgenommenen Urteile und Einschätzungen zu erläutern.

Antwort:

*Erforderliche Angabe

<<Zurück

Weiter >>

F Fragebogen zur Modulevaluation von digi4all

Modulevaluation

100%

<<Zurück

Umfrage beenden >>

Schreiben Sie was auch immer Sie uns noch gerne mitteilen wollen. Sagen Sie uns gerne, welche Stellen zu leicht oder zu schwer waren, welche Inhalte sie möglicherweise vermisst haben, warum Sie die Inhalte für relevant halten und ob Sie Spaß beim Lernen hatten. Wir freuen uns über Ihr Feedback :-)

*

Antwort:

*Erforderliche Angabe

<<Zurück

Umfrage beenden >>