

GESELLSCHAFT
FÜR INFORMATIK



Ludger Humbert (Hrsg.)

Informatik – Bildung von Lehrkräften in allen Phasen

**8. – 10. September 2021
Wuppertal, Deutschland**

Gesellschaft für Informatik e. V. (GI)

Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings

Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)

Volume P-313

ISBN 978-3-88579-707-4

ISSN 1617-5468

Volume Editor

Prof. Dr. Ludger Humbert

Bergische Universität Wuppertal

Gaußstraße 20

D-42119 Wuppertal

humbert@uni-wuppertal.de

Series Editorial Board

Andreas Oberweis, KIT Karlsruhe (Chairman)

Dieter Fellner, Technische Universität Darmstadt, Germany (Fachbereich GDV)

Ulrich Flegel, Infineon, Germany (Fachbereich SICHERHEIT)

Ulrich Frank, Universität Duisburg-Essen, Germany (Fachbereich WI)

Andreas Thor, HFT Leipzig, Germany (Fachbereich DBIS)

Michael Goedicke, Universität Duisburg-Essen, Germany (Fachbereich SWT)

Ralf Hofestädt, Universität Bielefeld, Germany (Fachbereich ILW)

Wolfgang Karl, KIT Karlsruhe, Germany (Fachbereich TI)

Michael Koch, Universität der Bundeswehr, München, Germany (Fachbereich MC)

Peter Sanders, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Germany (Fachbereich GInf)

Torsten Brinda, Universität Duisburg-Essen, Germany (Fachbereich IAD)

Ingo Timm, Universität Trier, Germany (Fachbereich KI)

Karin Vosseberg, Hochschule Bremerhaven, Germany (Fachbereich IUG)

Maria Wimmer, Universität Koblenz-Landau, Germany (Fachbereich RVI)

Dissertations

Steffen Hölldobler, TU Dresden, Germany

Thematics

Agnes Koschmider, Universität Kiel, Germany

Seminars

Judith Michael, RWTH Aachen, Germany

© Gesellschaft für Informatik, Bonn 2021

printed by Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn



This book is licensed under a Creative Commons BY-SA 4.0 licence.

Vorwort

Ludger Humbert¹

Informatik – eine Wissenschaft im permanenten Wandel. Wie nur soll diese Wissenschaft Grundlage für einen verpflichtenden Beitrag zur allgemeinen Bildung leisten? Über die Zeit hat sich das „Erscheinungsbild“ der Informatik für die Menschen deutlich gewandelt. Aber sind es nicht doch nur „Des Kaisers neue Kleider“?

Es gilt, die „hinter den Kleidern“ stehenden grundlegenden Konzepte, Arbeitsweisen und „Grundgesetze“ der Informatik zu identifizieren und zu diskutieren, welche Elemente allgemeinbildend sind. Diese Arbeit wurde in den vergangenen Jahrzehnten von informatikfachdidaktisch engagierten Menschen geleistet und in Empfehlungen für Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) überführt.

Im Jahr 2000 wurde die *Empfehlung für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen* [GI00] vorgelegt. 2008 folgten *Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I* [GI08], 2016 *Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II* [GI16] und 2019 *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich* [GI19].

Damit liegen fachlich und fachdidaktisch gestaltete Empfehlungen für informatische Bildung vom Primarbereich bis zur gymnasialen Oberstufe bereit. Als Konsequenz dieser Bemühungen der GI finden Elemente der Informatik nicht mehr nur sporadisch Eingang in formative Bildungsprozesse. In den vergangenen Jahren wurde von bildungspolitischer Seite zunehmend anerkannt, dass Informatik in jeder Bildungsbiografie berücksichtigt werden muss. Mit der schulischen Verankerung einhergehend benötigen auch **alle Lehrkräfte** einen Zugang zu allgemeinbildenden Informatikelementen – nicht nur Informatiklehrkräfte. Daher muss Informatik Eingang in die gesamte Lehrkräftebildung finden, um – im Rahmen der wissenschaftlichen Fundierung – grundlegend informatische Kompetenzen bei Lehrkräften aufzubauen. Die GI hat mit der *Position zur Bildung aller Lehrkräfte in Bezug auf Informatik* [GI21b] in diesem Feld damit begonnen, Informatikkompetenzen auszuweisen, die jede Lehrkraft benötigt.

Schulfach Informatik – von der Wahlmöglichkeit zum Pflichtfach

Seit 1969 ist Informatik als Schulfach in Deutschland präsent. Inzwischen haben zunehmend notwendige Anforderungen zur informatischen Bildung für alle Schüler*innen aller Schulformen dazu geführt, dass – trotz der föderalen Struktur (Steffen Friedrich spricht vom „hexadezimalen Bildungssystem“) – die Mehrzahl der Bundesländer entweder das Pflichtfach Informatik in weiterführenden Schulen bereits eingeführt hat oder die baldige Einführung bevorsteht, wie im *Informatikmonitor* [GI21a] dokumentiert ist. Im aktuellen Schuljahr 2021/2022 beispielsweise findet die Einführung des Pflichtfachs Informatik in den

¹ Bergische Universität Wuppertal, Fachgebiet Didaktik der Informatik, D-42 097 Wuppertal, humbert@uni-wuppertal.de, <https://orcid.org/0000-0002-1846-5311>

Jahrgangsstufen 5/6 aller weiterführenden Schulen nach einem gemeinsamen Kernlehrplan für alle Schulformen in Nordrhein-Westfalen statt [MSB21].

Informatik – Durchdringung der Schullandschaft

Dass Informatik der Verankerung durch ausgewiesene Lernorte (z. B. als Schulfach) in der Bildungsbiografie aller Menschen einen Platz braucht, ist in der Fachdidaktik Informatik unbestritten. Die Konkretisierung entlang der Bildungsbiografie wird folgend exemplarisch beleuchtet:

Informatik in der Grundschule Administrative und politische Bestrebungen, Bildungselemente in der Grundschule zur Anbahnung informatischer Kompetenzen zu verankern, belegen, dass der allgemeinbildende Charakter der Informatik erkannt wird.

Informatik in der weiterführenden Schule – Sek. I Informatik kommt – nach über 50 Jahren – in den Stundentafeln der weiterführenden Schulen an. Über die Notwendigkeit muss nicht mehr diskutiert werden, wobei die quantitative Ausprägung durchaus von einem Leitfach (durchgängig durch alle Jahrgänge – siehe Mecklenburg-Vorpommern) bis zu einer Unterrichtsstunde (siehe Baden-Württemberg) variiert. Handlungsbedarf bezüglich der Verankerung als Pflichtfach in den Stundentafeln der weiterführenden Schulen bis zum mittleren Bildungsabschluss besteht durchaus in einigen „Nachzüglerbundesländern“, wie Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Hessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

Informatik in der gymnasialen Oberstufe Eine Aufwertung des Schulfachs Informatik in der gymnasialen Oberstufe im Zusammenhang mit der Möglichkeit der Gestaltung der eigenen Bildungsbiografie ist unabdingbar. Von der GI wird schon lange gefordert, dass Informatik den Naturwissenschaften gleichgestellt wird.

Informatik im berufsbildenden Schulwesen Die Ausgestaltung von Elementen der Informatik im berufsbildenden Schulwesen ist eine der Herausforderungen, die zunehmend deutlich macht, dass Voraussetzungen aus der Sekundarstufe I notwendiger werden. Die quantitative Ausprägung ist berufsfeldspezifisch so unterschiedlich, dass bisher keine gemeinsame Klammer ausgeformt wurde. Spezifische berufsbezogene Elemente umfassen häufig den konkreten anwendungsorientierten Bezug, seltener jedoch den Gestaltungsaspekt im Sinne der Informatik.

Schulfach Informatik international In der Schweiz – mit einer deutlich diverseren Ausprägung des Bildungsföderalismus als in Deutschland – ist Informatik ab der Grundschule etabliert. International lassen sich weitere Belege für die zunehmende Verankerung eines Pflichtfachs Informatik beobachten.

Lehrkräfte und Informatik

Lehrkräfte erfahren als Voraussetzung für ihre Arbeit im späteren professionellen Umfeld eine auf wissenschaftliche Grundlagen bezogene Basis. Darüber hinaus entwickeln zukünftige Lehrkräfte Kompetenzen aus dem bildungswissenschaftlichen Bereich in der ersten und

zweiten Phase der Lehrkräftebildung. Diese notwendigen Grundlagen für professionelles Lehrkräftehandeln werden durch Angebote in der dritten Phase auf neue fachliche und pädagogisch-didaktische Herausforderungen bezogen.

Für weiterführende Schulformen der Sekundarstufen I und II werden dazu klare fachwissenschaftliche Grundlagen bei zukünftigen Lehrkräften ausgeprägt. Damit wird gewährleistet, dass aktuellen Entwicklungen, die das Fach und seine Fachdidaktik betreffen, von den Lehrkräften auf dieser Grundlage Rechnung getragen werden kann.

Erste implementierte Lehrangebote in der ersten Phase der Lehrkräftebildung sind seit 2009 etabliert: *Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden – Verzahnung von Konzeptwissen mit praktischer Anwendung durch Vorlesung und Projektseminar der Ringveranstaltung »Informatik im Alltag«* [Lo19]. Es gilt, Veranstaltungen und Formate zu entwickeln, die in der Lehrkräftebildung wirksam informatische Bildung für alle Lehrkräfte voranbringen.

Der Wissenschaftsrat führt in *Perspektiven der Informatik in Deutschland* [Wi20, S. 9] unter „Stärkung der Didaktik der Informatik“ aus:

„Der Wissenschaftsrat schreibt der Forschung im Bereich Didaktik der Informatik eine wichtige Rolle [...] zu, sieht sie dafür aber noch nicht ausreichend gerüstet. Vor diesem Hintergrund empfiehlt er erstens den systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen. Zweitens gilt es, zur dauerhaften Stärkung des Fachgebiets qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs auszubilden.“

INFOS 2021

Im vorliegenden Tagungsband zur INFOS 2021 „Informatik – Bildung von Lehrkräften in allen Phasen“ werden die angenommenen wissenschaftlichen Beiträge, die Praxisbeiträge, die auf der Tagung durchgeführten Workshops und moderierten Austausche sowie die präsentierten Poster dokumentiert.

Das Programmkomitee hat aus 51 eingereichten wissenschaftlichen Beiträgen 16 ausgewählt. Damit wurden 31 % der Einreichungen angenommen. Es wurden 27 Praxisbeiträge eingereicht, von denen 10 angenommen wurden (37 %). 18 Einreichungen für Workshops wurden begutachtet – 11 wurden zur Durchführung auf der Tagung ausgewählt (61 %). Damit konnten – von insgesamt 96 Einreichungen – 37 Beiträge (39 %) angenommen werden.

Ich möchte mich bei allen Autor*innen für ihre Mitarbeit an der Konferenz und bei den Gutachter*innen für den ausgezeichnet und äußerst konstruktiv durchgeführten Begutachtungsprozess bedanken.

Wuppertal, im September 2021

Ludger Humbert

Literatur

- [GI00] Gesellschaft für Informatik e. V.: Empfehlung für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen, Beilage LOG IN 20 (2000) Heft 2, S. I-VII, Dez. 2000, S. 378–382, URL: <https://t1p.de/ntpf>, Stand: 23.07.2021.
- [GI08] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I, Erarbeitet vom Arbeitskreis „Bildungsstandards“ – Beschluss des GI-Präsidiums vom 24. Januar 2008 – veröffentlicht als Beilage zu LOG IN 28 (2008) Heft 150/151, Apr. 2008, URL: <https://t1p.de/7wru>, Stand: 23.07.2021.
- [GI16] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II, Erarbeitet vom Arbeitskreis „Bildungsstandards SII“ – Beschluss des GI-Präsidiums vom 29. Januar 2016 – veröffentlicht als Beilage zu LOG IN 36 (2016) Heft 183/184, Apr. 2016, URL: <https://t1p.de/kjy9>, Stand: 23.07.2021.
- [GI19] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich, Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. Erarbeitet vom Arbeitskreis „Bildungsstandards Primarbereich“ – Beschluss des GI-Präsidiums vom 31. Januar 2019 – veröffentlicht als Beilage zu LOG IN 39 (2019) Heft 191/192, Feb. 2019, URL: <https://t1p.de/guiq>, Stand: 23.07.2021.
- [GI21a] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Informatikmonitor, Stand der Informatikbildung in Deutschland, 15. März 2021, URL: <https://informatikmonitor.de/>, Stand: 23.07.2021.
- [GI21b] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Position zur Bildung aller Lehrkräfte in Bezug auf Informatik, 11. Apr. 2021, URL: <https://t1p.de/ndi0>, Stand: 23.07.2021.
- [Lo19] Losch, D.: Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden – Verzahnung von Konzeptwissen mit praktischer Anwendung durch Vorlesung und Projektseminar der Ringveranstaltung »Informatik im Alltag«, 6. Sep. 2019, URL: <https://uni-w.de/1ro>, Stand: 23.07.2021.
- [MSB21] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Kernlehrplan für die Sekundarstufe I – Klasse 5 und 6 in Nordrhein-Westfalen – Informatik, 1. Juli 2021, URL: <https://t1p.de/tmw2>, Stand: 23.07.2021.
- [Wi20] Wissenschaftsrat: Perspektiven der Informatik in Deutschland, Techn. Ber. Drs. 8675-20, 23. Okt. 2020, URL: <https://t1p.de/x43v>, Stand: 23.07.2021.

Sponsoring

Wir danken den folgenden Unternehmen und Institutionen für die Unterstützung der Konferenz.

Deutsche Telekom Stiftung



Hopp Foundation



Stadtsparkasse Wuppertal



Jackstädt Stiftung



Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen

Ministerium für
Schule und Bildung
des Landes Nordrhein-Westfalen



Bergische Universität Wuppertal



Bildung von Lehrkräften als Querschnittsthematik in der GI

An der Diskussion und dem Erfahrungsaustausch über aktuelle und zukünftige Themen der Bildung von Lehrkräften sind folgende GI-Gliederungen maßgeblich beteiligt:

- Fachbereich Informatik und Ausbildung / Didaktik der Informatik (IAD)
- Fachausschuss Informatische Bildung in Schulen (FA IBS)
- Fachgruppe Informatik in Studiengängen an Hochschulen (ISH)
- Fachgruppe Didaktik der Informatik (DDI)
- Fachgruppe Berufliche Bildung Informatik (BBI)
- Arbeitskreis Lehrkräftebildung Informatik (AK-L-Bildg)
- Arbeitskreis Bildungsstandards Informatik des FA IBS

Tagungsleitung

Gesamtleitung: Ludger Humbert, Bergische Universität Wuppertal

Doktorand*innenkolloquium: Daniel Losch, Bergische Universität Wuppertal

Programmkomitee

Leitung des Programmkomitees

Ludger Humbert (Vorsitz)

Arno Pasternak (stellvertretender Vorsitz)

Michael Albrecht	Gymnasium Essen-Werden
Marc Berges	Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Nadine Bergner	Technische Universität Dresden
Alexander Best	Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Christian Borowski	Oldenburg
Peter Brichzin	Erasmus-Grasser-Gymnasium München
Michael Brinkmeier	Universität Osnabrück
Katrin Büttner	Oberschule Kreischau
Joachim Deckers	Gymnasium der Benediktiner Meschede
Ira Diethelm	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Beat Döbeli Honegger	Pädagogische Hochschule Schwyz Goldau

Rebecca Doherty	Landrat-Lucas-Gymnasium Leverkusen
Dieter Engbring	Universität Bonn
Johannes Fischer	TU Dortmund
Martin Fricke	Bezirksregierung Düsseldorf
Andreas Frommer	Bergische Universität Wuppertal
Andreas Grillenberger	Freie Universität Berlin
Kathrin Haselmeier	Bergische Universität Wuppertal
Lutz Hellmig	Universität Rostock
Tino Hempel	Richard-Wossidlo-Gymnasium Ribnitz-Damgarten
Martin Hennecke	Universität Würzburg
Silke Herbst	Gymnasium Grimmen
Henry Herper	Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Michael Hielscher	Pädagogische Hochschule Schwyz Goldau
Sven Hofmann	Universität Leipzig
Ludger Humbert	Bergische Universität Wuppertal
Lennard Kerber	Otto-Nagel-Gymnasium Berlin
Klaus Killich	Bezirksregierung Düsseldorf
Maria Knobelsdorf	Universität Wien
Martin Lehmann	Pädagogische Hochschule Bern
Daniel Losch	Bergische Universität Wuppertal
Peter Micheuz	Universität Klagenfurt
Andreas Mühling	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Dorothee Müller	Köln
Lydia Murmann	Universität Bremen
Simone Opel	FernUniversität in Hagen
Torsten Otto	Kurt-Körber-Gymnasium Hamburg
Arno Pasternak	TU Dortmund
Johannes Pieper	Joseph-König-Gymnasium Haltern am See
Wolfgang Pohl	Bundesweite Informatikwettbewerbe Bonn
Hermann Puhlmann	Leibniz-Gymnasium Nürnberg
Mareen Przybylla	Pädagogische Hochschule Schwyz Goldau
Gerhard Röhner	Dieburg
Ralf Romeike	Freie Universität Berlin
Ute Schmid	Universität Bamberg
Pascal Schmidt	Universität des Saarlandes – Saarpfalz-Gym. Homburg
Andreas Schwill	Universität Potsdam
Peer Stechert	RBZ Technik Kiel

Kerstin Strecker	Georg-August Universität Göttingen
Sanna Streitberg	Europaschule Aldegrevener-Gymnasium Soest
Renate Thies	Cusanus-Gymnasium Erkelenz
Marco Thomas	Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Jens Wagner	HTWK Leipzig
Julia Weber	Christian-Dietrich-Grabbe-Gymnasium Detmold
Michael Weigend	Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Matthias Wendlandt	Justus-Liebig-Universität Gießen
Verena Wolf	Universität des Saarlandes Saarbrücken
Sandra Wortmann	Städtisches Gymnasium Sundern

Organisationsteam

Daniela Ebeling	Bergische Universität Wuppertal
Andreas Frommer	Bergische Universität Wuppertal
Kathrin Haselmeier	Bergische Universität Wuppertal
André Hilbig	Bergische Universität Wuppertal
Daniel Losch	Bergische Universität Wuppertal
Denise Schmitz	Bergische Universität Wuppertal

Lektorat

Laura Bachmeier	Bergische Universität Wuppertal
Janine Godardt	Düsseldorf
Rebecca Reichenberg	Bergische Universität Wuppertal
Rolf Sobolewski	Zentrum für schulpraktische Lehrerbildung Solingen
Michael Stieleke	Düsseldorf
Anna Stöcker	Bergische Universität Wuppertal

Proceedings-Support

André Hilbig	Bergische Universität Wuppertal
Daniel Losch	Bergische Universität Wuppertal
Denise Schmitz	Bergische Universität Wuppertal

Inhaltsverzeichnis

Eingeladene Vorträge 19

Andera Gadeib, Stephan Noller

Wichtige Kompetenzen für eine lebenswerte Zukunft 21

Till Tantau

Informatik fürs Leben lernen 25

Arno Pasternak, Dieter Engbring

Den Blick zurück nach vorn 39

Dirk Ifenthaler

Ganzheitliche Schulentwicklung mittels Learning Analytics? 49

Wissenschaftliche Beiträge 61

Richard Schwarz, Lutz Hellmig, Steffen Friedrich

Eine Synopse zum Informatikunterricht in Deutschland im Jahr 2020 . . . 63

Lukas Höper, Carsten Schulte

Datenbewusstsein: Aufmerksamkeit für die eigenen Daten 73

Ulrike Schott-Maire, Manuel Riel, Ralf Romeike

Expertenmeinungen über Bildung zur IT-Sicherheit: Was jeder Mensch wissen sollte! 83

Johannes Peschers, Fatma Batur, Torsten Brinda

Aufbau und Funktionsweise des Internets in Onlinequellen 93

Christin Nenner, Gregor Damnik, Nadine Bergner

Integration informatischer Bildung ins Grundschullehrerstudium 103

Andreas Dengel, Ute Heuer

Motivation, Fachinteresse und Schulleistung in Informatik 113

Tilman Michaeli, Stefan Seegerer, Ralf Romeike <i>Quanteninformatik als Thema und Aufgabengebiet informatischer Bildung</i>	123
Annabel Lindner, Marc Berges, Magdalena Lechner <i>KI im Toaster? Schüler:innenvorstellungen zu künstlicher Intelligenz . . .</i>	133
Jana Gerdes, Mareike Daeglau, Ira Diethelm <i>Kinderfragen: Was Grundschulkinder (immer noch) über Computer, Handy, Internet usw. wissen wollen</i>	143
Stefan Seegerer, Tilman Michaeli, Ralf Romeike <i>Informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrkräftebildung</i>	153
Thomas Schmalfeldt, Mareen Przybylla <i>Erhebungsinstrument für Überzeugungen zum Physical Computing</i>	163
Stefan Pasterk, Andreas Bollin <i>Digitaler Kindergarten - Informatik und digitale Kompetenz in der Frühförderung</i>	173

Praxisberichte 183

Fabian Graap

*Erfahrungsbericht zu einer forschungsbezogenen Ringvorlesung für Schüler*innen* 185

Daniel Braun, Barbara Pampel, Melanie Seiss

Informatik-Grundlagen für Lehramtsstudierende 193

Andre Greubel, Jochen Schmitt, Chris Ziegler

Vorstellung eines Lernspiels für Datenbank-Abfragesprachen 203

Karin Tengler

Digital Storytelling – Eine narrative Einführung in informatisches Denken 211

Tino Hempel, Lutz Hellmig

Einführung des Pflichtfachs Informatik – ein Erfahrungsbericht 221

Katharina Wendlandt, Matthias Wendlandt

Formale Aspekte endlicher Automaten entdecken 231

Miriam Kuckuck, Alexander Best, Inga Gryl, Jan Grey, Torsten

Brinda, Anna Windt, Nico Schreiber, Fatma Batur, Denise Schmitz
Informatische Bildung in Praxisphasen des Sachunterrichts in NRW . . . 241

Thomas Schmalfeldt

Einsatz eines für den Unterricht konzipierten Mikrocontrollers im ersten Modul der Informatikausbildung von angehenden Lehrkräften der Sekundarstufe I 251

Johannes Fischer, Martin Weinert

Reflexionsförderung bei Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von videobasierten Aufgaben 261

Andreas Schnirch, Nadine Ridinger, Felix Weschenfelder

Konzeption und Erprobung eines handlungs- und problemorientierten Unterrichts unter Einsatz eines Mikrocomputers 271

Kurzbeiträge 281

Sven Jacobs, Steffen Jaschke

Semantik statt Syntax – Entwicklung einer Plug & Play Lernumgebung für Datenbankabfragen 283

Nils Pancratz, Alexander Schlegel

Lehrerperspektiven auf die Rekonstruktion von Schülervorstellungen im Informatikunterricht 287

Kensuke Akao, Johannes Fischer

Zum Stand der Lehramtsausbildung für einen inklusiven Informatikunterricht 291

Jörg Bader, Mareen Przybylla

Zentrale Fachkonzepte Eingebetteter Systeme 295

Poster 299

Gregor Milicic, Sina Wetzel, Matthias Ludwig

Der Schildkröte das Fliegen beibringen 301

Markus Fischer, Stefan Strecker

Fachdidaktik des konzeptuellen Modellierens 303

Mina Ghomi, Hendrik Lohmann, Andreas Mühling, Niels Pinkwart

Fachfremd unterrichten – Chancen und Grenzen 305

Workshops 307

Simone Opel, Steffen Jaschke

Mitgliederversammlung der GI-Fachgruppe „Berufliche Bildung in Informatik“ (BBI) 309

Ira Diethelm

Informatische Bildung für alle Lehrkräfte – Position des GI-Arbeitskreises „Lehrkräftebildung“ 311

Marcel Lehmann, Sven Hofmann <i>„Digitaler Informatikunterricht – Geht da noch was (mehr)?“</i>	313
Alexander Best, Martin Fricke, Katharina Geldreich <i>Zentrale Webseite zur Übersicht von Projekten zur Informatik im Primarbereich</i>	315
Annabelle Bergum, Christian Degand, Nadine Kirsch, Kerstin Reese <i>Mach es zu Deinem Spiel! – Online-Kurse zu einer grafischen Programmiersprache</i>	317
Klaus Bovermann, Yannik Fleischer, Sven Hüsing, Christian Opitz <i>Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen im Informatikunterricht der Sek. I mit Jupyter Notebooks und Python am Beispiel von Entscheidungsbäumen und künstlichen neuronalen Netzen</i>	319
Marei Peischl, André Hilbig <i>Praxisworkshop: Kollaborative Dokumentenerstellung einfach und effizient</i>	321
Lutz Hellmig, Hermann Puhlmann <i>Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I</i>	323
Michael Albrecht <i>Öffentliche Sitzung der GI-Fachgruppe „Informatische Bildung in Nordrhein-Westfalen“</i>	325
Susanne Podworny, Lukas Höper, Yannik Fleischer, Sven Hüsing, Carsten Schulte <i>Data Science ab Klasse 5 – Konkrete Unterrichtsvorschläge für künstliche Intelligenz unplugged und Datenbewusstsein</i>	327
Mareen Przybylla, Stefan W. Huber <i>Entwicklung von CO₂-Messgeräten im Informatikunterricht</i>	329
Antje Kazimiers, Thiemo Leonhardt, Nadine Bergner <i>Programmiereinstieg mit Python interaktiv und grafisch mit der CMU CS Academy</i>	331
Peer Stechert <i>Sitzung des GI-Fachausschusses „Informatische Bildung in Schulen“</i> . . .	333

Miriam Kuckuck, Alexander Best, Denise Schmitz <i>Förderung informatischer Bildung im Sachunterricht in der ersten Lehramtsbildungsphase in NRW</i>	335
Stefan Seegerer, Tilman Michaeli, Andreas Woitzik, Ralf Romeike <i>Reise in die Quantenzeit – Quanteninformatik erleben und verstehen</i> . . .	337
Ira Diethelm, Anatolij Fandrich, Tilman Michaeli, Nils Pancratz, Ralf Romeike, Stefan Seegerer <i>Gemeinsam KI entdecken!</i>	339
Daniel Losch, Simone Opel <i>Doktorand*innenkolloquium</i>	341
Moderierte Austausche	343
Lukas Höper, Susanne Podworny, Sven Hüsing, Carsten Schulte, Yannik Fleischer, Rolf Biehler, Daniel Frischemeier, Hülya Malatyali <i>Zur neuen Bedeutung von Daten in Data Science und künstlicher Intelligenz</i>	345
Ulrich Kortenkamp, Martin Brämer, Henry Herper, Beat Döbeli Honegger <i>Informatische Bildung in der Grundschule</i>	347
Torsten Brinda, Matthias Kramer, Daniel Losch, Denise Schmitz, Anselm Wagner <i>Informatische Bildung für Lehrkräfte in allen Phasen</i>	349
Andrea Beyer, Stefan Freund, Daniel Losch, Konstantin Schulz <i>Informatische Literalität im Lehramtsstudium der Lateinischen Philologie</i>	351
Autor*innenverzeichnis	353

Eingeladene Vorträge

Wichtige Kompetenzen für eine lebenswerte Zukunft¹

Andera Gadeib², Stephan Noller³

Abstract: Informatische Bildung im Rahmen eines verpflichteten Schulfaches ab der Grundschule ist essentiell, um wesentliche zukünftige Aufgaben unserer Gesellschaft zu meistern. Dies betrifft sowohl die Gruppe der möglichst gut ausgebildeten Informatiker*innen, die als Gestaltende informatischer Systeme, die uns immer mehr umgeben, dafür sorgen, dass diese freundlich, diskriminierungsfrei und partizipatorisch gestaltet sind. Es betrifft aber auch die Gruppe der Nutzenden informatischer Systeme, die als Bürger*innen einer immer stärker digitalisierten Umwelt über digital literacy verfügen müssen, um souverän zu bleiben.

Dabei ist es bedeutsam, dass jeder Mensch den Weg von einer rein passiven Rezeption informatischer Erzeugnisse hin zur aktiven Gestaltung beschreiten kann. Die drei wesentlichen Kulturtechniken Lesen, Schreiben und Rechnen sollten daher um eine informatische Perspektive ergänzt werden. Da im Rahmen des Voranschreitens der Informatisierung der Gesellschaft über die Zeit Fragen nach Datensicherheit oder anderweitigen Gefahren, wie der Ersatz des Menschen durch die Maschine, aufgetreten sind, sollten unter anderem deswegen auch soziale Kompetenzen als weitere Perspektive hinzugenommen und in – gerade auch informatischen – Bildungsprozessen verstärkt berücksichtigt werden [vgl. Ga19].

Beim lebensbegleitenden Lernen ist die Begegnung mit digitaler Infrastruktur bereits in der Schule ein wichtiger Baustein; das JeKi-Modell („Jedem Kind ein Instrument“) könnte ein inspirierendes Vorbild sein, um digitalisierungsbezogene und informatische Kompetenzen fördern zu können; in diesem Sinne sollten in Ausbildung und Studium auch die technologischen und sozialen Belange stärker zusammen gedacht werden. Die IT-Hausmeister*in ist eine unumgängliche Personalie für alle Schulen; dies schließt insbesondere auch die Grundschule mit ein, die bei allen Entwicklungen stets mitgedacht werden sollte.

Keywords: Klima; Pandemie; Modellierung; Partizipation; Pflichtfach

Bildung für eine lebenswerte Zukunft aller Generationen

Eine Pandemie liegt nun fast schon hinter uns mit dramatischen Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit unseres Bildungssystems. Und mitten im Auslaufen der Pandemie kommt eine Unwetterkatastrophe in vielen Teilen des Landes hinzu, die nochmal die riesige Aufgabe des Klimawandels ins Bewusstsein rückt. Auf den ersten Blick haben beide Phänomene nicht viel miteinander zu tun und erst recht lässt sich keine Verbindung zum Thema der informatischen Bildung herstellen – oder vielleicht doch?

¹ Das in diesem Beitrag dargestellte Abstract ist das Ergebnis einer Kollaboration von Andera Gadeib und Stephan Noller; der Beitragstext wurde von Stephan Noller verfasst.

² Dialago AG, CEO, Aachen, andera@gadeib.de

³ UBIRCH GmbH, CEO, Im Medienpark 5, 50670 Köln, stephan.noller@ubirch.com

Zunächst mal ist für alle Menschen in den letzten Wochen und Monaten klar geworden, dass eine lebenswerte Zukunft auch hier in Europa nicht mehr einfach als gegeben angesehen werden kann. Und schon gar nicht in anderen Teilen der Welt. Wie wir Menschen mit unserer Umwelt umgehen, führt zunehmend zu Problemen ungeheuren Ausmaßes und wir können schon mal festhalten, dass die nächsten ein bis zwei Generationen es vermutlich in der Hand haben werden, das Ruder herumzureißen und auch für die Zukunft eine lebenswerte Perspektive für möglichst viele Menschen zu ermöglichen – oder eben nicht. Die aktuelle Generation derjenigen, die in Verantwortung sind, hat es ziemlich vermässelt und kann nun nur noch helfen, die Scherben aufzusammeln. Aber was hat das überhaupt mit informatischer Bildung zu tun? Ich meine: ziemlich viel. Denn wir haben es mit der Lösung ziemlich komplexer, global wirksamer Probleme zu tun. Bei der Bekämpfung zukünftiger Pandemien, aber natürlich auch bei der Bewältigung und Eindämmung des Klimawandels.

Die Beeinflussung des globalen Klimas durch Emissionen der Industrie ist seit ca. 30 Jahren bekannt und in verschiedensten Veröffentlichungen zu Papier gebracht worden. Hinter diesen Erkenntnissen und Modellierungen steckten aufwändige Computer-Simulationen auf immer leistungstärkeren Rechnern. Wenn es nun darum geht, diese Erkenntnisse endlich ernst zu nehmen und Gegenmaßnahmen einzuleiten und zu begleiten, werden wir noch mehr Kompetenzen in der Modellierung benötigen. Es ist aber auch nötig, die Einsichten über die Wirkzusammenhänge in die Breite der Bevölkerung zu bringen. Das kann informatische Bildung leisten – ein Verständnis für komplexe algorithmische Modellierungen auf Basis großer Datenmengen gehört in die Schulausbildung wie in den vergangenen Jahrzehnten Unterrichtseinheiten über die Funktionsweise von Verbrennungsmotoren oder Kernkraftwerken. So wie das Bildungssystem in der Vergangenheit Heerscharen von Menschen hervorgebracht hat, die bei BMW und Siemens arbeiten wollten, brauchen wir in den nächsten Jahren Heerscharen von Menschen, die in die Klima-Forschung oder als Ingenieur*innen in die Entwicklung alternativer Antriebsmodelle gehen wollen.

Aber ich war immer auch ein Fan von Informatik, nicht nur um Fachspezialist*innen hervorzubringen, sondern auch im Sinne einer breiten, allen zugänglichen Grundbildung. Also um Menschen zu vermitteln, wie komplexe IT-Systeme funktionieren, was man mit großen Datenmengen tun kann und wo die Gefahren liegen und wie digitale Beeinflussung funktioniert und ggf. unterbunden werden kann. Dies ist für eine lebenswerte Zukunft deshalb wichtig, weil wir immer mehr in essentiellen Bereichen unseres Lebens von komplexen IT-Systemen umgeben sein werden. Die Frage, ob die meisten Menschen sich dann diesen ausgesetzt fühlen oder das eher als Empowerment-Technologie wahrnehmen, wird sich daran entscheiden, welches Maß an informatischer Bildung wir ihnen vermitteln. Und es ist nicht zu groß gezeichnet dabei auch vom Funktionieren der Demokratie und der Partizipation an wesentlichen Komponenten für ein lebenswertes Leben zu sprechen – denn das Internet wird in Zukunft nicht mehr nur noch im Laptop auf unserem Schreibtisch stattfinden, sondern auch überall sonst: im Stuhl, auf dem wir sitzen, in den Wänden, in unseren Körpern und im öffentlichen Raum. Dafür braucht es digital literacy – diese kann

nur durch flächendeckende informatische Bildung ab der ersten Klasse verlässlich erzeugt werden.

Es hängt viel unserer Zukunft davon ab, wen wir an die Schalthebel lassen. In der digitalen Zukunft wird das häufig konkret heißen: Wer programmiert, wer befüllt und kontrolliert Datenbanken, wer wartet Rechnersysteme, wer auditiert und kontrolliert das alles? Wenn wir eine lebenswerte Zukunft für alle wollen, muss alle Kraft darauf gerichtet werden, diese Gruppe von Menschen an den digitalen Schalthebeln so divers und durchlässig wie möglich zu machen.

Ich will an einer kleinen Anekdote schildern, warum ich glaube, dass ein zentraler Schalthebel dafür die Einführung eines Pflichtfaches Informatik ist und wie gefährlich es ist, stattdessen mit Wahlpflicht-Angeboten zu arbeiten. Als wir an einer Kölner Grundschule die allererste Arbeitsgemeinschaft mit dem Calliope mini Mikrocontroller veranstalten wollten – Ludger Humbert hatte mit seinen Leuten ja kräftig an der Entwicklung des Boards und der Materialien mitgewirkt – bat mich der zuständige Lehrer eine Teilnehmenden-Liste zum Selbstauffüllen ans schwarze Brett zu hängen. Die Eltern sollten Ihre Kinder dort eintragen. Schon am nächsten Tag war die Liste komplett ausgefüllt, wir waren begeistert und es wurde schnell klar, dass ein zweiter Kurs nötig sein würde. Doch dann sah ich mir die Liste genauer an und kam ins Stocken: Es waren nur Jungen angemeldet worden – nicht ein einziges Mädchen! Und das, obwohl wir uns bezüglich Ansprache und Material alle Mühe gegeben hatten, klarzumachen, dass der Kurs vor allem auch für Mädchen spannend sein könnte. Erst als wir den zweiten Kurs anboten und nochmal verstärkt darauf hinwiesen, doch bitte auch Mädchen anzumelden, füllte sich die Liste mit weiblichen Namen. Unnötig zu sagen, dass die Mädchen hervorragend mitmachten und völlig problemlos mit den Aufgaben klarkamen, tatsächlich waren sie im Vergleich ausdauernder und hinsichtlich der Logik-Probleme oft überlegen. Aber selbst wenn es nicht so gewesen wäre: Es ist unglaublich wichtig, Mädchen und Frauen für Informatik zu begeistern, wir können es uns schlicht nicht leisten, das nicht zu tun und es wäre für die digitale Zukunft unserer Gesellschaft regelrecht fatal, wenn es nicht gelänge.

Wie man an dem Beispiel aber sieht, ist Informatik als freiwilliges Angebot vor allem auch deswegen abzulehnen, weil man sich frühzeitig vorherrschenden Stereotypen und Rollenbildern aussetzt. Mit einem Pflichtfach ab der Grundschule verschwindet dieser Selbst-Selektions-Effekt vollständig! Aber es gibt auch zahlreiche weitere Gründe, die dafür sprechen; der wichtigste gerade im Hinblick auf die Ausbildung scheint mir in der Ressourcenlage zu liegen. Ein Pflichtfach mit Prüfungsrelevanz ist der verlässlichste Mechanismus, um konstant Ressourcen zur Verfügung zu stellen und dem Thema Aufmerksamkeit, Relevanz und Qualitätsstandards zukommen zu lassen.

Aber natürlich ist digital literacy auch mehr als nur ein Pflichtfach Informatik ab der ersten Klasse – wir sollten es trotzdem als Kernforderung nicht zerreden lassen. Das Mehr ergibt sich daraus, dass informatische Komponenten in alle Lebensbereiche einsickern und dort relevant werden. Lexika und damit verfasstes Grundlagenwissen werden kollaborativ im

Internet erfasst und müssen hinsichtlich Qualitätssicherung neu verstanden werden für den Deutsch- oder Geschichtsunterricht. Digitale Daten werden relevant für alle möglichen Arten von Innovationen und müssen hinsichtlich Entstehung, Filterung oder Bias-Gefahren verstanden werden. Kaum eine Naturwissenschaft kann noch ohne extensiven Einsatz von Computern und häufig auch Programmierung verfolgt werden. Und natürlich brauchen wir für modernen Unterricht auch immer mehr Einsatz von digitalen Tools – wie es die Pandemie ja nun endgültig für jede*n gezeigt hat. Aber nicht nur Distanz-Unterricht ist mit digitalen Tools möglich, es gibt noch viele spannende Felder, bei denen die digitale Revolution auch in eine didaktische münden kann, z. B. wenn es darum geht hoch-individuelle Unterrichtskonzepte umzusetzen nach dem Leitsatz, dass jede*r Schüler*in Förderbedarf hat und individuell zugeschnittene Angebote und Begleitung benötigt. Wer schonmal beobachtet hat, wie schnell sich Jugendliche mit „Youtube Tutorials“ nahezu beliebige Dinge beibringen, kann erahnen, welches Potential noch darin stecken könnte intelligentere Verbindungen von Lernmaterial und Bildungsbedarf zu schaffen. Warum nicht auch mit künstlicher Intelligenz und lernfähigen Algorithmen?

Eine Pandemie liegt fast hinter uns und soeben sind die dramatischen Folgen des Klimawandels ins Bewusstsein der Bevölkerung gerückt. Vielen Menschen ist klargeworden, dass wir nicht mehr weitermachen können wie bisher. Die Pandemie hat aber auch gezeigt, worin der Schlüssel liegen könnte, um den Weg zum lebenswerten Leben zu erhalten und vielleicht sogar weiter auszubauen: Schließlich wurden der erste Corona-Test und der erste hochwirksame Impfstoff hier in Deutschland entwickelt. Unter massivem Einsatz von Computer-Technologie und komplexer Modellierungstechniken. Wir brauchen für eine lebenswerte Zukunft in diesen schwierigen Zeiten mehr politische Entscheidungen, die sich von evidenzgetriebener Wissenschaft leiten lassen, mehr Daten im Gesundheitswesen, mehr digitale Infrastruktur, mehr Groß-Rechenanlagen, mehr Big Data in der Forschung. Aber eben auch mehr Menschen, die digitale Zusammenhänge verstehen und sich dafür begeistern lassen. Wenn uns das gelingt, können wir zuversichtlich sein, dass auch weitere Generationen sich auf eine lebenswerte Zukunft freuen können.

Literatur

- [Ga19] Gadeib, A.: Die Zukunft ist menschlich : Manifest für einen intelligenten Umgang mit dem digitalen Wandel in unserer Gesellschaft, 2019.

Informatik fürs Leben lernen

Till Tantau¹

Abstract: Eine Debatte um die Frage, welche Inhalte und Themen die informatische Bildung an Schulen umfassen muss, sollte weit nach vorne blicken: Weniger die aktuellen Trends in der Wirtschaft oder Forschung erscheinen richtungsweisend, sondern was in 25 oder noch mehr Jahren immer noch oder wieder relevant ist. Ein solch weiter Blick in die Zukunft der Informatik ist natürlich ausgesprochen schwierig, da sich die Informatik, seit sie existiert, in einem ständigen Umbruch befindet. Er soll hier trotzdem versucht werden und daraus verschiedene Konsequenzen für die mögliche Gestaltung und Entwicklung des Informatikunterrichts in der Gegenwart abgeleitet werden. Einerseits ergibt sich, dass es mehrere „zeitlose“, grundlegende und spezifisch informatische Ideen gibt, die dauerhaft Teil der allgemeinen Bildung sein sollten. Andererseits sind die typischen Gegenstände der Wissenschaft Informatik – wie Code oder Systeme oder Protokolle – immer weniger für sich stehende, rein technische Artefakte, sondern vielmehr in komplexe soziale Kontexte eingebettete Produkte menschlicher Kollaboration. Neben einem prinzipiellen Verständnis technischer Aspekte wird daher das Wissen um die Entstehung, Entwicklung und Nutzung von Code oder Systemen durch Menschen zentraler Bestandteil einer auf die Zukunft ausgerichteten informatischen Bildung sein.

Keywords: Allgemeinbildung; Kollaboration; Kodierung; Algorithmen; Grenzen

1 Einleitung

In fünf Jahren wird die erste Empfehlung der Gesellschaft für Informatik zum Schulfach Informatik, die »Zielsetzungen und Inhalte des Informatikunterrichts« [Br76], ihr 50-jähriges Jubiläum feiern. Seitdem gab es etwa einmal pro Dekade einen neuen Aufruf: 1992 die »Dagstuhler Empfehlung zur Aufnahme des Fachs Informatik in den Pflichtbereich der Sekundarstufe II« [Bu92], gefolgt 2004 von der »Zweite[n] Dagstuhler Empfehlung zur Aufnahme des Fachs Informatik in den Pflichtbereich der Sekundarstufe I« [Br04] und schließlich 2016 das »Dagstuhl Manifesto« mit der »Dritte[n] Dagstuhl-Erklärung zur Informatischen Bildung in der Schule« [Ge15]. Die Titel verraten dabei schon, dass der Anspruch an die Bedeutung und Breite von Informatikunterricht beständig gestiegen ist. Dem steht gegenüber [Ri20, Tabelle 1], dass im Jahr 2020 Informatikunterricht in der Sekundarstufe I in nur einem Bundesland durchgehend verpflichtend ist; in vier weiteren Bundesländern sind minimale verpflichtende Anteile in der Sekundarstufe I vorhanden und in zwei Bundesländern ist Informatik in keiner Weise vorgesehen – weder verpflichtend, noch als Wahlfach, noch integriert in andere Fächer.

Die Informatik hat es in den letzten 50 Jahren nicht geschafft, als Disziplin wahrgenommen zu werden, der eine gleichberechtigte Aufnahme in den Kanon der Schulfächer neben

¹ Universität zu Lübeck, tantau@tcs.uni-luebeck.de

Mathematik, Physik, Kunst oder Sport gebührt. Dies erscheint zunächst unverständlich, durchdringt die Informatik in Form der Digitalisierung doch schon seit längerer Zeit in offenkundiger Weise sämtliche Lebensbereiche; die Informatik wird schon als vierte Kulturtechnik auf derselben Stufe gesehen wie Lesen, Schreiben und Rechnen. Dies sind starke Argumente, jedoch könnte man auch für andere Disziplinen mit einigem Recht verlangen, dass sie ordentliche Schulfächer sein sollten, da sie für die zukünftige Lebenswirklichkeit der jetzigen Schüler:innen eine ebenso große Bedeutung haben werden: Medizin und Gesundheit, Wirtschaft und Finanzen, Recht und Verträge. Im Kampf um knappe Stunden in den Schulcurricula kann weder die prinzipielle noch die aktuelle Bedeutung einer Disziplin hinreichend dafür sein, dass sie zum verpflichtenden Schulfach geadelt wird.

Es gibt natürlich viele Gründe, weshalb das Schulfach Informatik nun dort steht, wo es steht: Fundamentale Eingriffe in die Schulcurricula (und nichts anderes ist die Einführung eines neuen Schulfachs von der Sekundarstufe I an mit Anspruch auf Teilhabe schon im Primarbereich) verdienen Vorsicht und müssen gut durchdacht sein. Insbesondere muss es überhaupt Lehrkräfte für das Fach geben, was gerade in der Informatik zu einem Henne-Ei-Problem führte. Schließlich müssen Schulcurricula den Schüler:innen Wissen und Kompetenzen mit auf den Lebensweg geben, die ihnen später und langfristig nützlich sind. Dies erscheint gerade bei der extrem schnelllebigen Informatik schwierig – Curriculumsverantwortliche fragen sich eher, welche Inhalte des Informatikunterrichts noch relevant sein werden, wenn das Abschlusszeugnis überreicht wird.

Beiträge dieser Arbeit. Ziel dieses Artikels ist es, Aspekte der Informatik zu identifizieren, die auch in 25 Jahren, in 50 Jahren und in 100 Jahren noch von Relevanz für die jetzigen Schüler:innen oder deren Kinder sein werden. »Zeitlose« Aspekte gibt es in der Informatik natürlich zuhauf: Man kann mit einigem Recht sagen, dass mein Forschungsgebiet – die Theoretische Informatik – sich ausschließlich mit den zeitlosen Aspekten der Informatik beschäftigt. Weniger klar ist aber, ob – und wenn ja welche – dieser Aspekte man wirklich »fürs Leben lernen« sollte: Die Umwandlung von nichtdeterministischen in deterministische Automaten sicherlich nicht.

Jeder der Abschnitte dieser Arbeit wird eine spezifische »Idee« der Informatik ausarbeiten, von der ich der Meinung bin, dass sie fundamentale, eigenständige Einsichten in das »Wesen der Dinge« erlaubt. Dies ist eine zugegebenermaßen etwas pathetische Formulierung – jedoch erscheint mir dieser Aspekt wichtig und weder in gängigen Debatten zur Bedeutung der Informatik noch in schulischen oder hochschulischen Lehrmaterialien reflektiert. So wird in Abschnitt 2 die Erkenntnis vorgestellt, dass sich alle Kommunikation als Folge von Nullen und Einsen darstellen lässt, und ich werde argumentieren, dass dies *weit* mehr ist als Lemma 42 der Kodierungstheorie. Vielmehr steht dies auf einer Stufe mit der Erkenntnis, dass alle Materie aus Atomen aufgebaut ist. Es handelt sich um eine *paradigmatische* Erkenntnis, die auch mit der entsprechenden Verve und Breite im Unterricht vorgetragen

werden kann und soll, da sie in Form eines Paradigmas Schüler:innen eine (neue, andere) Sicht auf »die Welt« bietet.

Verwandte Arbeiten. Bereits 1994 findet sich im *Bulletin of the EATCS* ein Aufsatz [Sc94] mit dem schönen Titel »Fundamental Ideas of Computer Science«, der fundamentalen Ideen der Informatik für den (hoch)schulischen Unterricht nachspürt. Im Vergleich zur vorliegenden Arbeit liegt der Fokus dort auf den fachinternen Fundamenten der Informatik (wie dem für die Informatik in der Tat zentralen Konzept der »Übersetzung«, nach dem eine algorithmische Idee verschiedene sprachliche Stufen durchläuft, um am Ende als Darstellung auf Gatterebene zu enden). Im Folgenden hingegen werden fundamentale Ideen in den Blick genommen, die gerade auch außerhalb der Informatik von hoher Relevanz sind, die aber originär aus der Informatik stammen.

Andere Disziplinen verfügen bereits über Sammlungen von »Basisideen«, die auch jenseits des speziellen Fachs Wirkung entfalten, siehe die Sammlungen beispielsweise in der Physik in den Empfehlungen der Kultusministerkonferenz [Ko05, Abschnitt 2.1] und auch die Ergebnisse der Studie Deutschen Physikalischen Gesellschaft [GH14] von 2014. Für die Informatik sucht man 2021 auf den Seiten der Kultusministerkonferenz hingegen vergeblich nach Bildungsstandards, ebenso auf den Seiten des Instituts für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. Ein konkreter Anlass für erste Ideen zur Liste in dieser Arbeit entstand im Kontext der *Creative Mathematical Sciences Communication Conference 2016* [Re16].

2 Alle Kommunikation lässt sich als Folge von Nullen und Einsen darstellen

Nur scheinbar hat ein Ding eine Farbe, nur scheinbar ist es süß oder bitter; in Wirklichkeit gibt es nur Atome und leeren Raum.

Demokrit, nach [Ca35, Seite 135]

Es gibt Erkenntnisse, die, wenn man sie verstanden, akzeptiert und verinnerlicht hat, im wahrsten Sinne des Wortes den Blick auf die Realität ändern. Es macht für Sie beim Betrachten dieser Zeilen einen Unterschied, ob Sie darum wissen, dass die Welt »aus Atomen aufgebaut ist«, dass die Buchstaben nach Demokrit »nur scheinbar eine Farbe« haben. Mag dies im Alltag unwichtig erscheinen, so ist doch der Blick auf Gegenstände und erst recht auf unsichtbare Dinge wie Luft ein ganz anderer, als wenn man keine Vorstellung davon hat, woraus Gegenstände letztendlich eigentlich »gemacht« sind. Dabei ist es nicht nötig, ein tiefes Verständnis des aktuellen Standardmodells der Teilchenphysik zu haben – allein die zentrale Idee »alles besteht aus Atomen« ist eine eigene paradigmatische Sicht auf die Welt, die jedem Menschen zumindest einmal aufgezeigt werden sollte. Dieses Wissen kann und sollte dann noch vertieft werden, beispielsweise um das Konzept des chemischen

Elements oder die Arten der Atombewegung – dies festigt und erklärt aber lediglich das zugrundeliegende Paradigma.

Fundamentale Erkenntnisse dieser Art gibt es in der Physik viele und sie werden zu Recht in der Schule gelehrt: Ideen wie die Schwerkraft oder auch – zugegebenermaßen als sehr fortgeschrittene Idee – der Umstand, dass Zeit nicht absolut, sondern relativ ist. Die Physik ist aber nicht die einzige Quelle: Ebenso ist die Idee, dass alle Organismen aus Zellen aufgebaut sind und dass die meisten Krankheiten von sich vermehrenden, mikroskopischen Organismen ausgelöst werden, von solch fundamentaler Natur, dass man die Welt unterschiedlich wahrnimmt und zu anderen alltäglichen Einschätzungen und Entscheidungen kommt, wenn man diese Ideen nicht kennt.

Ich möchte im Folgenden nun argumentieren, dass der Satz »alle Kommunikation lässt sich als Folge von Nullen und Einsen darstellen« eine ebenso fundamentale Erkenntnis darstellt wie »alle Materie ist eine Ansammlung von Atomen«.

In Mathematik und Philosophie reicht die Idee, sprachliche Ausdrücke mit Hilfe von Zahlen zu kodieren, weit zurück. So schrieb Leibniz bereits 1666 (ohne freilich seinem Wunsch und Anspruch auch nur entfernt gerecht zu werden):

Quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duos philosophos, quam inter duos Computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et sibi mutuo (accito si placet amico) dicere: *calculemus*.²

Gottfried Wilhelm Leibniz, nach [Ge90, Seite 200]

George Boole steuerte 1854 dann die Idee bei [Bo54], logische Folgerungen und Kodierung auf Nullen und Einsen zu stützen. Am konsequentesten durchgeführt worden ist die Übersetzung von mathematischen Sachverhalten in Zahlen wohl in Form der »Gödelisierung«, also der Idee von Kurt Gödel von 1930 im Kontext seines Beweises des Unvollständigkeitssatzes [Gö31], eine mathematische Formel als Zeichenkette aufzufassen und diese wiederum als Zahl zu kodieren (nämlich durch die Kodierung der verschiedenen Zeichen als Potenzen in der Primfaktordarstellung der Zahl).

Trotz dieser langen Historie (welche man bei Bedarf noch viel weiter zurückverfolgen und verbreitern könnte) ist die Umwandlung von mathematischen Texten in Zahlen aus mathematischer Sicht doch eher eine umständliche technische Notwendigkeit und ihre Verwendung innerhalb des Gödel'schen Unvollständigkeitssatzes schon fast eine Skurrilität.

² Etwa: »Wenn sich eine Meinungsverschiedenheit ergibt, so wird nicht mehr Diskussion zwischen zwei Philosophen nötig sein als zwischen zwei Rechen-Spezialisten. Es reicht dann nämlich, die Stifte in die Hand zu nehmen, sich an die Rechentische zu setzen, und sich einander (wenn man möchte, nach Hinzuziehung eines Freundes) zu sagen: *Rechnen wir es aus!*«

Eine andere Disziplin neben der Mathematik, die sich schon von ihrem Selbstverständnis her mit der Frage der Kodierung von Kommunikation beschäftigt, ist natürlich die Linguistik beziehungsweise die Sprachwissenschaft ganz allgemein. Begriffe wie das semiotische Dreieck – ob man es nun schon bei Aristoteles verortet oder erst bei Ogden und Richards [OR23] – sind hier zentral und prägen unsere Vorstellung von der Bedeutung sprachlicher Ausdrücke. Jedoch steht die verbale menschliche Kommunikation im Zentrum der Linguistik und von Fächern wie Deutsch oder Englisch. Zu der Frage, ob (und wenn ja, wie) man einen 3D-Film kodieren könnte, können, wollen und sollen diese Fächer keine Aussage machen.

Erst durch die Informatik entsteht aus der Idee der Kodierung von beliebiger Information als Folge von Nullen und Einsen etwas völlig Neues: die Erkenntnis, dass schlicht alle menschliche und nichtmenschliche Kommunikation prinzipiell als langer Strom von Nullen und Einsen dargestellt werden kann. Wir können ein Gedicht ebenso als Bitstring darstellen wie ein Bild, ein Video, ein Spiel, einen Konzertmitschnitt, das 3D-Modell eines Wolkenkratzers oder die Messdaten einer Weltraumsonde. Null und Eins sind die Atome der Information, aus denen sich schlicht alles – nach anfangs recht einfachen, später immer komplexeren Regeln – zusammensetzen lässt.

Die Tragweite der Idee »alle Kommunikation lässt sich als Folge von Nullen und Einsen darstellen« geht aus meiner Sicht und Erfahrung weit über die schlichte Tatsache hinaus, dass man eben Zahlen und Buchstaben als Bitstrings kodieren kann. Lehrreich, wenn auch anekdotisch, ist dabei zunächst eine persönliche Erfahrung aus meiner Studienzeit. Eingeschrieben in die Studiengänge Informatik und Mathematik brachte ich zu Vorlesungen zur axiomatischen Mengenlehre mein aus der Informatik stammendes Verständnis für die »selbstverständliche Kodierbarkeit aller Dinge« mit. Damals irritierend, in der Rückschau nun faszinierend, war zu sehen, in welcher epischen Breite über mehrere Doppelstunden Beweise zu Sätzen der axiomatischen Mengenlehre vorgestellt wurden, die sich aus Informatik-Sicht zusammenfassen lassen als »Formeln sind Zeichenketten«, »Zeichenketten kann man als Bitstrings schreiben« und »Bitstrings kann man hintereinander schreiben und erhält wieder Bitstrings«. Entscheidend erscheint mir, dass mein damaliger Mathematikprofessor und ich *keine geteilte Sicht auf das Wesen einer Formel* hatten: War für ihn eine Formel ein mathematisches Objekt mit einer komplexen inneren Struktur, das nur sehr mühselig von einer formalen Ebene auf eine andere transferiert werden kann, erschien (und erscheint) mir völlig klar, dass Formeln wie »eben alles andere auch« ohne weiteres kodiert und dekodiert werden können.

Wenn schon ein Mathematiker, dessen Forschungsgebiete formale Logik und Mengenlehre sind, nicht die Vorstellung der universellen Kodierbarkeit aller Dinge verinnerlicht hat, wie überraschend, neu und erhellend kann sie dann für Schüler:innen oder auch Studierende sein? Seit nunmehr 16 Jahren halte ich eine Vorlesung »Einführung in die Informatik«, die mit einem Kapitel zu Information und Daten beginnt. Über einzelne Kodierungsschritte, beginnend mit Zahlen, Texten, Pixeln, Bildern und dann Videos wird erarbeitet, wie ein Film zu einer Folge von Nullen und Einsen wird, die sich auf eine Scheibe brennen lässt

oder über eine Datenleitung verschickt werden kann. Die Reaktionen und Nachfragen zeigen immer wieder, welch ein »Augenöffner« diese Idee für viele Studierende ist.

Man möchte an dieser Stelle nun vielleicht einwenden, dass die Behauptung »alle Kommunikation lässt sich als Folge von Nullen und Einsen darstellen« einer einfachen Realitätsüberprüfung nicht standhält: Zwischenmenschliche Kommunikation verläuft offenbar *nicht* nur auf der Ebene eines gut kodierbaren, verbal vorgetragenen Textes, vielmehr spielt neben Faktoren wie der Stimmlage und Intonation die nonverbale Kommunikation in Form von Körperhaltung und Gestik eine entscheidende Rolle – selbst haptische Elemente in Form von Berührung oder Fühlen können wesentliche Bestandteil von Kommunikation sein.

Auf diesen Einwand möchte ich zwei Antworten geben: Zum einen sind eben nicht nur gesprochene Texte kodierbar, sondern ebenso der genaue Ton, ein Video des Gegenübers, ob in zwei oder drei Dimensionen, und selbst eine haptische oder olfaktorische Erfahrung ist prinzipiell kodierbar. Zum anderen – und wichtiger – wird erst durch das Verständnis der allgemeinen Kodierbarkeit von Kommunikation klar, warum wir beispielsweise »überhaupt etwas bei einer Video-Konferenz im Vergleich zu einem Präsenztreffen verlieren«: Es fehlen uns genau die Anteile der Kommunikation, die sonst auf der aktuell nicht kodierten Ebene ablaufen. Hierfür ein tieferes Verständnis zu vermitteln, erscheint mir als wichtiges und würdiges Ziel von schulischem Unterricht.

3 Algorithmen

Die Überschrift dieses Abschnitts lautet einfach nur »Algorithmen«, da die Idee des Algorithmus »an sich« und ohne konkrete Einsatzszenarien von fundamentaler Bedeutung ist. Es gibt viele weitere Ideen der Informatik rund um Algorithmen – wie den Umstand, dass es universelle Algorithmen gibt, die also jeden beliebigen anderen Algorithmus simulieren können, oder dass Algorithmen mit Datenstrukturen interagieren – jedoch ist es zunächst schon das Wissen um die reine Existenz von Algorithmen, das die Sicht auf die Umwelt verändert.

Die Idee des Algorithmus ist sehr alt und wir finden Algorithmen in den altertümlichen oder mittelalterlichen Schriften sowohl beim Gelehrten Abu Dscha'far Muhammad ibn Musa al-Chwārizmī (dessen Herkunftsangabe »al-Chwārizmī«, also »aus Choresmien«, Ausgangspunkt der Etymologie des Wortes »Algorithmus« ist) wie bei Adam Riese. Eine wichtige frühe Algorithmikerin ist die Countess of Lovelace Augusta Ada King-Noel, deren faszinierende Abhandlung betreffend Algorithmen für die *Analytical Engine* von Charles Babbage zur Berechnung von Bernoulli-Zahlen bereits 1843 erschien [Me43, der Anhang]. Insofern erscheint das Konzept des Algorithmus zunächst der Mathematik zu entspringen als ein eher klassisches Werkzeug, den Ablauf von Berechnungen exakt zu beschreiben. Die Notwendigkeit, Algorithmen wirklich zu »verstehen«, wurde Anfang des 20. Jahrhunderts im Kontext des Hilbert'schen Programms dringlich, dessen Ziel es war (vereinfacht gesprochen), »mathematische Wahrheit auszurechnen«.

Man tritt den großen Geistern der Zeit in diesem Kontext, insbesondere Rózsa Péter, Wilhelm Ackermann, David Hilbert, Alonzo Church oder Kurt Gödel, nicht zu nahe, wenn man festhält, dass ihr Versuch, den Begriff des »Berechnens« oder allgemein des »algorithmischen Vorgehens« formal zu fassen, wenig erfolgreich war – genauer war er nur »innermathematisch« erfolgreich. Das Endresultat der damaligen Bemühungen um eine Definition von »berechenbar« war das Konzept der μ -Rekursion – und dieses ist selbst aus heutiger Sicht ein eher unhandliches Werkzeug mit doch recht schmalen Anwendungsbereichen in der Rekursionstheorie.

Es war erst die Informatik, beginnend mit dem bahnbrechenden Aufsatz Alan Turings [Tu37] von 1937, die den Begriff des Algorithmus so ausgeweitet und weiterentwickelt hat, dass etwas qualitativ Neues entstand. Dies wurde auch von der mathematischen Gemeinde schnell erkannt, zuallererst von Alonzo Church selbst, jedoch hat sich der Algorithmusbegriff seitdem von seinen rein mathematischen Ursprüngen aus meiner Sicht vollständig emanzipiert.

Algorithmen bestimmen heutzutage im wahrsten Sinne des Wortes das Verhalten der meisten Geräte in unserer Umwelt. Dies schließt bei vielen Menschen und sicherlich bei den allermeisten Schüler:innen Geräte ein, die sie – wie ein Handy – ein Großteil ihres Lebens in unmittelbarer Reichweite haben. Es erscheint mir wahrscheinlich, dass die heutigen Schüler:innen eine Welt erleben werden, in der Algorithmen nicht nur in vielen Geräten stecken werden, sondern in praktisch allen Gegenständen inklusive Kleidung, Stühle, Fenster, Wände, ja vielleicht sogar in anderen Lebewesen. Zu wissen, dass das erlebte Verhalten der eigenen Umwelt zu einem großen und immer größer werdenden Teil von Algorithmen bestimmt wird, führt zu einer ganz konkret anderen »Sicht auf die Umwelt« als ohne dieses Wissen.

Etwas fortgeschrittener, aber trotzdem noch von fundamentaler Natur, ist die Erkenntnis, dass komplexere Algorithmen eine völlig eigenständige Kategorie geistiger Schöpfungstätigkeit darstellen. Sie scheinen mir am ehesten vergleichbar mit den Beweisen für mathematische Sätze: Ähnlich wie Beweise in einem mühevollen Prozess sowohl *erfunden* wie *gefunden* werden müssen, müssen auch Algorithmen gleichermaßen erfunden und gefunden werden. So wie die Mathematik zu recht darauf besteht, dass im Rahmen des Mathematikunterrichts Schüler:innen zumindest erkennen, was ein Beweis überhaupt ist und warum man einen solchen überhaupt braucht, so sollten sie auch wissen, was ein Algorithmus ist und wofür man ihn braucht.

4 Viele Probleme werden sich nie mit Computern lösen lassen

Die Erkenntnis, dass es überhaupt irgendwelche Probleme gibt, die sich *nicht* – zumindest mittelfristig – mit Computern lösen lassen, erscheint in deutlichem Widerspruch zur Erfahrungswirklichkeit vieler Menschen und insbesondere der heutigen Schüler:innen: Jedes Jahr verschiebt sich die Grenze dessen, was von Computern erledigt werden kann und wird. Was gestern noch eher unter Science-Fiction verbucht wurde, ist heute Alltag: Wir können im

wahrsten Sinne des Wortes »mit Maschinen reden«³; wir erhalten Sonnenstundenvorhersagen für die nächsten Stunden mit einer Exaktheit, dass man die Uhr danach stellen kann; Algorithmen übersetzen Texte von einer Sprache besser in eine andere, als Menschen dies können; die Qualität von Krebsdiagnosen wird deutlich erhöht, wenn man statt erfahrenen Patholog:innen lieber Algorithmen befragt; Artikel werden von Algorithmen geschrieben, die denjenigen von Journalist:innen in nichts nachstehen; – und so weiter und so fort.

Zu dieser alltäglichen Wahrnehmung eines scheinbar grenzenlosen Potentials und einer scheinbar grenzenlosen Entwicklungsmöglichkeit von Computern, Algorithmen und Codes kommen dann noch die Erzählungen des Mainstream-Kinos hinzu (aber auch von avantgardistischen Science-Fiction-Romanen), die Computern im Rahmen einer »Singularität« (oder einfach ohne Begründung) wahrhaft phantastische Fähigkeiten andichten.

Vor diesem Hintergrund haben Menschen ohne das Wissen um die prinzipiellen und praktischen Grenzen von Algorithmen eine andere Wahrnehmung der Welt als solche mit diesem Wissen und sie werden andere Einschätzungen und Entscheidungen treffen.

Die theoretischen Grenzen. Dass Computer nicht alles können, zeigt Alan Turing [Tu37] in seinem berühmten, bereits erwähnten Aufsatz »On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem« bereits 1937 und damit lange bevor es überhaupt reale Computer im heutigen Sinne gab. Er zeigt dort, dass das Halteproblem unentscheidbar ist. Danach wurden weitere Probleme gefunden, die formal unentscheidbar sind (also unentscheidbar im strengen Sinne der Theoretischen Informatik) wie das im Vergleich zum Halteproblem deutlich eingängigere Post'sche Korrespondenzproblem [Po46]. Jedoch wird nun selbst innerhalb der Informatik die Unentscheidbarkeit von konkreten Problemen oft als Kuriosität angesehen ohne Bedeutung für praktische Fragestellungen und gerne abgeschoben an die Vorlesung zur Theoretischen Informatik.

Dem steht aus meiner Sicht gegenüber, dass es von grundlegender Bedeutung ist, ob es überhaupt Dinge gibt, »die Computer nicht können«. Insbesondere kann die eingangs vorgestellte Liste der immer neuen von Computer gelösten Probleme nicht beliebig verlängert werden. Dies zu wissen, mag manche Menschen beruhigen, manche enttäuschen – auf jeden Fall sollten sie es wissen. Die durchaus verbreitete Vorstellung von (und Angst vor) einer »Singularität« mit einer hyperbolisch ins Unendliche ansteigenden Rechenkraft einer oder mehrerer Maschinen, die dann gottgleiche Fähigkeiten entwickeln, ist schlicht eins: Quatsch.

Die praktischen Grenzen. Mindestens genauso wichtig wie das Wissen um die theoretischen Grenzen des Berechenbaren ist das Wissen darum, dass nicht jedes berechenbare

³ So habe ich mich kürzlich darüber geärgert, dass ich einem wenige Jahre alten Gerät nicht einfach sagen konnte, welchen Film ich sehen wollte – ich musste dies umständlich eingeben.

Problem auch praktisch lösbar ist. Dies erscheint zunächst ein offensichtlicher Allgemeinplatz, dem jede:r zustimmen wird, schließlich kann man einen Computer nach drei Jahren offiziell von der Steuer abschreiben und durch ein Gerät ersetzen, das deutlich leistungsfähiger ist und dementsprechend auch deutlich mehr Probleme praktisch lösen kann. Dies erkennt aber einen sehr wichtigen Punkt: Es gibt viele *prinzipiell* leicht lösbare Probleme, die nicht nur jetzt *praktisch* unlösbar sind, sondern *für immer* praktisch unlösbar bleiben werden. Es handelt sich um Probleme, die ich gerne als »in diesem Universum nicht lösbar« bezeichne.

Dazu ein Gedankenexperiment: Wir schreiben auf eine Tafel zehn recht große Zahlen – sagen wir, die Zahlen haben maximal 100 Stellen und sind damit kleiner als ein Googol (die Zahl 10^{100} , nach der Google seinen Namen hat). Zwei Gruppen von Schüler:innen bekommen nun folgende Aufgaben: Die erste Gruppe soll möglichst wenige Zahlen auf der Tafel einkreisen, sodass die Summe *mindestens* ein Googol ist. Die zweite Gruppe soll hingegen möglichst wenige Zahlen einkreisen, sodass die Summe *genau* ein Googol ist. Für beide Gruppen existieren einfache Algorithmen zur Lösung: Die erste Gruppe muss einfach immer so lange die größte noch nicht eingekreiste Zahl auf der Tafel einkreisen, bis die Summe ein Googol überschreitet – bei großen Zahlen ein gewisser Aufwand und man verrechnet sich sicherlich oft, aber im Prinzip in einer Schulstunde machbar. Für die zweite Gruppe ist der Algorithmus auch einfach, wenn auch zeitaufwändiger: Sie kann systematisch alle Möglichkeiten durchprobieren, unterschiedliche Zahlen einzukreisen, und dann die Möglichkeit auswählen, die einerseits die Summe 10^{100} ergibt und andererseits möglichst wenige Zahlen umfasst. Beide Probleme sind also algorithmisch leicht lösbar, wenn auch das zweite aufwändiger erscheint als das erste, und damit ist es auch kein großes Problem, Programme zur Lösung in einer beliebigen gängigen Programmiersprache zu schreiben.

Ganz anders verhält es sich mit der *praktischen* Lösbarkeit der beiden Probleme, denn das zweite Problem – in der Literatur als SUBSETSUM Problem bekannt – ist NP-vollständig und der beste bekannte Algorithmus zur Lösung ist (stark vereinfacht ausgedrückt) genau die gegebene Empfehlung an die zweite Gruppe, »einfach alle Möglichkeiten durchprobieren«.

Nun kann ein moderner Rechner alle Möglichkeiten, unter zehn Zahlen welche auszuwählen und dann die Summe zu bilden, in etwa einer Mikrosekunde durchrechnen. Erhöhen wir die Anzahl der Zahlen auf der Tafel auf 20, so steigt die Zeit auf eine Millisekunde, bei 30 Zahlen ist es eine Sekunde, bei 50 Zahlen bewegen wir uns dann schon im Bereich von Tagen und Wochen, bei 60 Zahlen im Bereich von Jahren, bei 100 Zahlen in Bereichen der Form »so lange, wie das Universum alt ist«.

Hieran wird sich *nichts ändern*, wenn die Computer in Zukunft schneller oder paralleler werden – ja selbst Quantenrechner werden hieran (entgegen der weit verbreiteten Vorstellung) nichts ändern: Baute man einen Quantenrechner, der schlicht jedes Atom im Universum als einen »Prozessor« nutzt, takten wir ihn mit der höchsten physikalisch vorstellbaren Taktfrequenz (dem Kehrwert der Planck-Zeit von etwa $5,4 \cdot 10^{-44}$ s, der kleinsten Zeit, in

der ein Informationsaustausch durch Licht möglich ist) und lassen ihn eine Million mal länger rechnen, als das Universum alt ist – der Rechner würde nicht fertig werden, wenn auf der Tafel 500 Zahlen stünden.

Entscheidend ist die Einsicht, dass wir hier und heute auf eine Schultafel Zahlen schreiben können (wenn man klein schreibt, passen 500 darauf), sodass kein Computer in diesem Universum – weder jetzt noch in Zukunft, weder im Keller der NSA noch bei Aliens auf Alpha Centauri – jemals herausfinden wird, welche man einkreisen muss, um als Summe ein Googol zu erhalten.⁴

Diese Einsicht hat aus meiner Sicht viele praktische Auswirkungen: Es sind eben nicht nur die teils etwas esoterischen Probleme der fortgeschrittenen Rekursionstheorie, die von Computern niemals gelöst werden können. Vielmehr werden viele praktische Probleme aus unserem Alltag von Computern auch in Zukunft – während der Lebenszeit der heutigen Schüler:innen, ihrer Kinder und ihrer Kindeskinde – nur graduell etwas besser gelöst werden, niemals aber fundamental besser. Ganz praktisch gesprochen ist zum Beispiel eine (richtig) verschlüsselte E-Mail sicher und *wird dies auch bleiben*. Dies zu wissen, ist wichtig.

5 Informatik-Artefakte sind kollaborative Kulturgüter

Der aktuelle Rahmenplan von Berlin und Brandenburg sieht [La15, Teil C, Seite 4] zum Thema »Wechselwirkungen zwischen Informatiksystemen, Mensch und Gesellschaft beurteilen« vor: »Schülerinnen und Schüler erläutern beispielhaft, wie Informatiksysteme den Alltag und die Berufswelt durchdringen und verändern. Dabei diskutieren sie Vor- und Nachteile des Einsatzes von Informatiksystemen.« Dieses Kompetenzziel erscheint mir ebenso sinnvoll wie erstrebenswert, jedoch lässt es einen Aspekt außer acht, der in diesem letzten Abschnitt kurz beleuchtet werden soll und der – so meine Meinung – ebenfalls zu den wichtigsten Eigenschaften der Informatik jetzt und in Zukunft gehört: »Die Gesellschaft« (hier in Form von »Alltag und Berufswelt«) ist nicht nur passive Rezipientin, die von Informatiksystemen durchdrungen wird, es ist umgekehrt auch die Gesellschaft, die Informatiksysteme aktiv erschafft.

Hier lässt sich aus meiner Sicht eine deutliche Änderung in den letzten vielleicht zehn Jahren erkennen in Bezug auf die Frage, *wer* Informatik-Artefakte (sei es Software, Algorithmen, Skripte oder auch Hardware) erschafft. Lange Zeit war die Erstellung von Software, geschweige denn die Herstellung von mikroelektronischen Geräten, nur mit nicht unerheblicher informatischer Vorbildung möglich, benötigte erhebliche technische

⁴ Disclaimer: Genau genommen liegen die Dinge etwas komplizierter und dem Beispiel unterliegen bestimmte Komplexitätstheoretische Annahmen wie $NP \neq BPP$. Es ist aber aus Komplexitätstheoretischer Sicht leicht, andere praktisch relevante (nur etwas weniger anschauliche) Probleme zu finden, die nachweislich und ohne Annahmen auch von Quantenrechnern nur in exponentieller Zeit gelöst werden können.

Expertise und auch technische Ausrüstung. Die Erstellung umfangreicherer Software-Systeme benötigte sorgfältige Planung durch Softwarearchitekt:innen und dies galt sowohl für kommerziell erstellte Software wie auch für freie Software (wo »schlecht geplante« Projekte in einem darwinistischen Prozess beständig durch bessere ersetzt werden).

Die Softwarelandschaft verändert sich seit einiger Zeit massiv und dieser Trend scheint mir fundamental zu sein: Zunächst entsteht überhaupt erstmal eine *Softwarelandschaft* und nicht mehr eine Ansammlung von durch Softwarearchitektur präzise geplanten und von Mauern umgebenen Häusern. Vielmehr wächst eine bunte Vielfalt in Form eines komplexen Ökosystems an Software, in dem viele kleinere – nicht mehr vollständig zu überblickende – Software-Artefakte miteinander vernetzt werden, beispielsweise durch Web-Services oder einfach dadurch, dass sie auf einer gemeinsamen Plattform laufen. Auf der anderen Seite werden immer mehr Menschen auch ganz ohne Informatikvorbildung zu Erzeuger:innen von Informatik-Artefakten beispielsweise in Form von Skripten für Spiele(?)-Plattformen wie Minecraft oder Roblox; durch weitere Fortschritte bei 3D-Druckern wird auch das eigenständige Drucken von Hardware Alltag werden.

Diese Entwicklungen genau vorauszusagen, ist unmöglich und sie ließe sich noch sehr viel intensiver analysieren; jedoch erscheint es mir wichtig, dass Menschen und insbesondere den jetzigen Schüler:innen bewusst ist, dass ihr Alltag und ihre Arbeitswelt weniger von externen Informatik-Artefakten (die ihrer Kontrolle nicht unterliegen) durchdrungen wird, sondern dass sie selbst aktive Akteur:innen bei der Erschaffung, Weiterentwicklung und Steuerung von Informatik-Artefakten sein können und oft sein werden.

6 Zusammenfassung

Es gibt eine Reihe von »Basisideen« oder »fundamentalen Einsichten« oder »grundlegenden Beobachtungen«, die eine im wahrsten Sinne des Wortes andere – oder zumindest weitere – Sicht auf die Welt ermöglichen, die originär der Informatik entstammen und die sinnvoll nur im Kontext eines Informatikunterrichts verstanden, erklärt und weiter ausgeführt werden können. Dieser Artikel hat versucht, die (sicherlich kontroverse) These zu untermauern, dass diese Basisideen der Informatik auf einer Stufe stehen sollten in einem schulischen Curriculum wie den Basisideen der »etablierten« Schulfächer wie Physik oder Mathematik, aber auch Kunst oder Deutsch.

Die vorgestellten Ideen entstammten einerseits der Theoretischen Informatik – wodurch sie zumindest eine gewisse Zeitlosigkeit beanspruchen können –, andererseits auch dem Bereich Informatik und Gesellschaft. Sie stellen in der vorgestellten Form zunächst eine Auswahl dar, die als Anstoß für eine weitere Debatte gedacht ist, und die Auswahl könnte und sollte um weitere Ideen ergänzt werden, die ebenfalls sowohl originär der Informatik entstammen, die von fundamentaler Natur sind und die Menschen eine andere Sicht auf ihre Umwelt ermöglichen. Beispiele weiterer solcher Ideen sind die folgenden, die Liste ließe sich zweifelsohne fortsetzen:

- Die Idee der *Modellierung* als Prozess der Abstraktion eines Teils der Wirklichkeit. Sicherlich ist dies zunächst keine reine Idee der Informatik, denn viele Disziplinen arbeiten regelmäßig mit Modellen: Das Spektrum reicht von der Architektur in Form von physischen Modellen über die Physik in Form von die Wirklichkeit approximierenden Theorien bis zur Zoologie in Form von Spezies oder Taxa als Modell einer Gruppe von Lebewesen. Das Spezifische der Informatik scheinen mir Größe und Umfang der Modelle zu sein: Sollen Theorien als Modelle der Wirklichkeit gerade möglichst klein und einfach sein, wollen die Informatik-Modelle einen bestimmten Ausschnitt der Wirklichkeit so umfassend darstellen, dass das Modell im Idealfall identisch wird mit dem Programm.
- Die Idee des *Protokolls* als formalisierte Unterhaltung. Wieder ist die Idee (schon das Wort) alles andere als neu – und wieder steuert die Informatik mit der Idee einer schier grenzenlosen Anzahl sich ständig mittels formaler Protokolle unterhaltender Systeme eine qualitativ neue Sicht auf die Umwelt bei.
- Die Idee der *asymmetrischen Verschlüsselung*. Schon die Idee der Verschlüsselung und ihrer Auswirkungen ist aus meiner Sicht von fundamentaler Natur – die Idee von Diffie und Hellman [DH76] und ihre Umsetzung durch Rivest, Shamir und Adleman [RSA78] der asymmetrischen Verschlüsselung aber ist ebenso kontraintuitiv wie fundamental und für den Alltag relevant.

Wenn man dem Argument folgt, dass die in der Arbeit vorgestellten Ideen eine neue, reichere Sicht auf »die Realität« ermöglichen, so folgt daraus aus meiner Sicht auch die Notwendigkeit, diese Erkenntnisse in ähnlicher Breite und Art bereits in der Schule zu unterrichten, wie dort von Atomen, Bakterien oder der Schwerkraft berichtet wird.

Literatur

- [Bo54] Boole, G.: An Investigation of the Laws of Thought, on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities. MacMillan und Co., Cambridge, 1854.
- [Br04] Brinda, T.; Claus, V.; Diethelm, I.; Humbert, L.; Johlen, D.; Magenheimer, J.; Micheuz, P.; Modrow, E.; Puhlmann, H.; Scheel, O.; Schneider, M.; Schubert, S.; Schulte, C.; Schwill, A.; Zündorf, A.: Zweite Dagstuhler Empfehlung zur Aufnahme des Fachs Informatik in den Pflichtbereich der Sekundarstufe I, <http://www.informatikdidaktik.de/hyfisch/informieren/politik/dagstuhlerempfehlung2004.htm>, Zugriff 2021-07, 2004.
- [Br76] Brauer, W.; Claus, V.; Deussen, P.; Eickel, J.; Haacke, W.; Hosseus, W.; Koster, C.; Ollesky, D.; Weinhart, K.: Zielsetzungen und Inhalte des Informatikunterrichts. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 1/, 1976.

-
- [Bu92] Buse, D.; Claus, V.; Graf, K.-D.; Hahlweg, E.; Koerber, B.; Loos, R.; Oberschelp, W.; Schubert, S.; Schwill, A.; Stimm, H.: Dagstuhler Empfehlung zur Aufnahme des Fachs Informatik in den Pflichtbereich der Sekundarstufe II, <http://www.informatikdidaktik.de/HyFISCH/Informieren/politik/DagstuhlerEmpfehlung1992.htm>, Zugriff 2021-07, 1992.
 - [Ca35] Capelle, W.: Die Vorsokratiker, Fragmente und Quellenberichte. Kröner, Leipzig, 1935.
 - [DH76] Diffie, W.; Hellman, M. E.: New Directions in Cryptography. IEEE Transactions on Information Theory 22/6, S. 644–654, 1976.
 - [Ge15] Gemulla, R.; Martens, W.; Schöning, J.; Schulte, C.: Dagstuhl Manifesto. Informatik-Spektrum 38/, Weitere Autoren sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars. Auch veröffentlicht als »3. Dagstuhl-Erklärung zur Informatischen Bildung in der Schule 2015 der Gesellschaft für Informatik«, S. 243–252, 2015.
 - [Ge90] Gerhardt, C. J., Hrsg.: Die philosophischen Schriften von Gottfried Wilhelm Leibniz. Weidmann, 1890.
 - [GH14] Großmann, S.; Hertel, I., Hrsg.: Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik. Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2014.
 - [Gö31] Gödel, K.: Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. Monatshefte für Mathematik und Physik 38/, S. 173–198, 1931.
 - [Ko05] Konferenz der Kultusminister der Länder: Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004, Luchterhand, 2005.
 - [La15] Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg: Rahmenlehrplan Jahrgangstufen 1–10. Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin; Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, 2015.
 - [Me43] Menabrea, L. F.: Sketch of the Analytical Engine Invented by Charles Babbage. Scientific Memoirs 3/, Entscheidend sind hier die »Notes upon the memoir by the translator«, welche Ada Lovelace war, 1843.
 - [OR23] Ogden, C. K.; Richards, I. A.: The Meaning of Meaning. Kegan Paul, London, 1923.
 - [Po46] Post, E. L.: A Variant of a Recursively Unsolvable Problem. Bulletin of the American Mathematical Society 52/, S. 264–268, 1946.
 - [Re16] Reischuk, R., Hrsg.: Creative Mathematical Sciences Communication Conference (CMCS 2016), Institut für Theoretische Informatik, Universität zu Lübeck, Lübeck, Okt. 2016.

- [Ri20] Richard Schwarz Lutz Hellmig, S. F.: Informatikunterricht in Deutschland – Eine Übersicht, Zusammenfassung von [Sc20], https://pidi.informatik.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_IEF/Inf_PI/files/Vergleich_IU_2020_2020-11-23.pdf, Zugriff 2021-07, 2020.
- [RSA78] Rivest, R. L.; Shamir, A.; Adleman, L.: A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems. *Communications of the ACM* 21/2, S. 120–126, Feb. 1978, ISSN: 0001-0782, URL: <https://doi.org/10.1145/359340.359342>.
- [Sc20] Schwarz, R.: Informatikunterricht in den Bundesländern Deutschlands im Jahr 2020, Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatprüfung für das Lehramt an Gymnasien, Universität Rostock, 2020.
- [Sc94] Schwill, A.: Fundamental Ideas of Computer Science. *Bull. European Assoc. for Theoretical Computer Science* 53/, 1994.
- [Tu37] Turing, A. M.: On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society* s2-42/1, S. 230–265, Jan. 1937, ISSN: 0024-6115, eprint: <https://academic.oup.com/plms/article-pdf/s2-42/1/230/4317544/s2-42-1-230.pdf>, URL: <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>.

Den Blick zurück nach vorn

Arno Pasternak¹, Dieter Engbring²

Abstract: Ende der 1960er-Jahre etablierte sich das Fach Informatik endgültig an den Universitäten und nur wenig später auch an den Schulen. In den ersten zwei Jahrzehnten unterrichteten überwiegend fachfremde Lehrerinnen und Lehrer vor allem mit den Fächern Mathematik und Physik. Im Zentrum des Unterrichts stand die Programmierung, die sich oftmals auf mathematische Probleme bezog, zu denen die Modelle schon vorlagen. Nur allmählich setzten sich weitergehende informatische Sichtweisen durch, sodass auch die Modellierung deutlicher in den Fokus rückte.

Zum Ende des vorigen Jahrhunderts setzte sich die Objektorientierung im professionellen Bereich durch. Diese erreichte mit etwas zeitlicher Verzögerung auch die Schule, ohne dass sich die schon vorher bestehenden Herausforderungen wie beispielsweise die zunehmende Heterogenität der Schülerschaft damit gelöst waren. Es hat gar den Anschein, als hätten sich die Herausforderungen verschärft. Damit stellt sich die Frage, ob OO der richtige Weg war und ist. Hierzu sind inhaltliche didaktische Analysen und empirische Forschungen notwendig, die bisher noch nicht ausreichend durchgeführt worden sind. In diesem Vortrag fordern wir die Hörer auf, diese Fragen aufzugreifen und deren Beantwortung als Aufgabe der kommenden Jahr(zehnt)e zu begreifen.

Keywords: Informatikunterricht, OOM, OOP, Module, Curriculum

1 Der Blick zurück

Die Informatik beginnt ihren Siegeszug als prägende ökonomische und soziale Kraft nach Ende des 2. Weltkrieges. In den 1950er-Jahren entwickelt sich die industrielle *Automation* durch die Anwendung der Überlegungen zur *Kybernetik* von Norbert Wiener [Wi48] und erreicht damit breitere Kreise in Forschung und Öffentlichkeit [Bi56, Po56]. *Karl Steinbuch* schlägt bereits 1957 vor, diese neue Wissenschaft *Informatik* [St57] zu nennen.

In den 1960er-Jahren begannen Diskussionen, sich auch im Bildungsbereich, speziell in der Schule mit Informatik zu befassen [Fu68, vC71]. Schlussendlich ist Informatik Schulfach geworden, weil die gesellschaftliche Bedeutung der Datenverarbeitung für die Bildung erkannt wurde. Das allein hätte aber nicht ausgereicht. Die umfassende Reform der gymnasialen Oberstufe [KM72, Bu73] ermöglichte dann allerdings die Einführung zusätzlicher Fächer, ohne andere Fächer tatsächlich einzuschränken.

¹ TU Dortmund, Fakultät für Informatik, Otto-Hahn-Str. 14, 44227 Dortmund, arno.pasternak@cs.tu-dortmund.de

² Uni Bonn, Institut für Informatik, Friedrich-Hirzebruch-Allee 8, 53115 Bonn, engbring@cs.uni-bonn.de

Die Einführung der Informatik als Schulfach erfolgte unmittelbar der Konstituierung des Studienfaches an den Universitäten. So gab es auch angesichts des *wissenschaftspropädeutischen Auftrags der Oberstufe* [KM72, S.5] kaum eine Alternative dazu, die Schulinformatik an den Grundlagen der akademischen Disziplin zu orientieren.

2 Die Schulinformatik in den ersten Jahrzehnten

Schon damit steht die Einführung in das *Programmieren* am Beginn des Informatikunterrichts, dem allerdings ein Zwischenschritt vorausgehen muss: die Modellierung. Modellierungsfähigkeiten helfen den Schülern und Schülerinnen, allgemeine Problemlösefähigkeiten zu entwickeln (vgl. hierzu auch die Diskussion um *Computational Thinking* [Wi06]). Diese übergeordnete Zielrichtung des Informatikunterrichts wurde bereits zu Anfangszeiten des Informatikunterrichtes in der Schule formuliert [Fa76]. Wie sehr allerdings das Programmieren den Informatikunterricht bestimmt hat, lässt sich anhand des *Programmiersprachenstreits* nachvollziehen, aus dem die Programmiersprache *Pascal* als ‚Sieger‘ hervorgegangen ist [Pr83].

Da es zu diesem Zeitpunkt keine universitäre Lehramtsausbildung, geschweige denn eine Fachdidaktik gab, übernahmen entsprechend fortgebildete Lehrkräfte (vor allem mit den Fächern Mathematik und Physik) den Unterricht. In Niedersachsen wurde beispielsweise erst Ende der siebziger Jahre die Einführung eines Lehramtsstudiums in Informatik als Drittfach auf den Weg gebracht³. Die Techniken des Programmierens zur Lösung kleinerer und zudem bereits gelöster mathematischer Aufgaben stand daher im Vordergrund⁴.

Dabei wollte, sollte und konnte der Informatikunterricht nie ein Programmierkurs sein. Es war auch das Ziel, den schon damals kursierenden Mythos des *Elektronengehirns* zu entmystifizieren und die gesellschaftlichen Wirkungen zu verstehen [Fa76, BOS77, De80]. Diese Ziele standen aber weniger im Fokus als das Programmieren (lernen). Forneck beschreibt sehr klar die inhaltlichen und intentionalen Brüche, die im Unterricht zu überwinden sind, weswegen Wirkungen und Einschätzungen nur additiv unterrichtet werden [Fo92].

Mit dem weiteren Vordringen der Computer in alle gesellschaftlichen Bereiche wurden diese Mängel deutlicher. Es zeigte sich aber auch, dass benutzungs- bzw. anwendungsorientierte Ansätze [Bo85] ihre Ziele auch nicht erreichten [Pa96], wohingegen der algorithmenorientierte Ansatz zumindest in der Sekundarstufe II, aber auch im Wahlpflichtbereich der Sekundarstufe I (mit deutlich heterogenerer Schülerschaft) partiell erfolgreich war. Dabei war der Ansatz des *Strukturierten Programmierens* [DDH72] als systematisches Vorgehen die theoretische und praktische Herangehensweise. Ergebnis war ein Unterricht des

³ Im Vorgriff auf diese Verordnung wurde Arno Pasternak im Juni 1980 in Niedersachsen der erste an einer Universität ausgebildete Informatiklehrer.

⁴ Man vergegenwärtige sich dabei, dass Anfang 1960 nicht einmal 200 und Anfang der 1970er-Jahre noch keine 10 000 Computer in der (alten) BRD vorhanden waren [St69, S.174/190] sowie Mikrocomputer für Privatleute und/oder Schulen erst Anfang der 1980er-Jahre zur Verfügung standen.

Programmierens im Kleinen, in dem die Lernenden grundlegende Fähigkeiten in Algorithmen, imperativen Denkweisen und prozeduraler Programmierung erwarben [Ba81]. Die *Programmierung im Großen*, die nur arbeitsteilig erfolgen kann und deswegen auf einer Zerlegung der Aufgabenstellung aufsetzen muss, wurde kaum adressiert.

3 Modulare Entwicklung und Programmierung

Im Folgenden präsentieren wir Befunde zur weiteren Entwicklung des Informatikunterrichts, die nicht im strengen Sinne empirisch sind, doch unserer langjährigen Erfahrungen entspringen.

Abstrakte Datentypen

Größere Anwendungssysteme in ihren Strukturen zu verstehen, ist nur mit Hilfe von Algorithmen, imperativen Denkweisen, prozeduraler Programmierung nicht möglich. Hierzu bedarf es zusätzlicher sprachlicher Konzepte, die *abstrakte Datentypen* in Form von *Datenkapseln* realisieren können [SB86]. Die Diskussion eines solchen *modularen Entwerfens und Programmierens* auch für den Schulbereich fand ab Mitte der 1980er-Jahre statt. Die dafür notwendigen Konzepte sind beispielsweise in den Sprachen *Modula-2* [Wi85, CLR86, Sc92] und *Ada* [HS90] enthalten. Gerade die Sprache Modula hätte die Schulsprache Pascal ablösen können, weil die Syntax vergleichbarer Strukturen nahezu identisch waren. Es zeigte sich jedoch, dass die überwiegende Mehrheit der Lehrkräfte nicht bereit war, den zusätzlichen Aufwand aufzubringen, um das Programmieren im Großen (in der Schule) mit Modula zu realisieren. Man vertraute weiterhin im Unterricht auf Pascal. Die bisherigen Konzepte waren offensichtlich auch ohne modulare Konzepte ausreichend.

Objektorientierung

Interessanterweise änderte sich das mit der Diskussion um die *objektorientierte Modellierung und Programmierung* Mitte der 1990er-Jahre [Lo81, Hefte 1/90, 4/93, 128/2004]. Das überrascht umso mehr, weil neben den modularen Konzepten noch eine völlig neue Begriffswelt aus Klassen, Objekten, Operationen (Methoden) etc. im objektorientierten Umfeld vorhanden ist. Auch wurde nicht auf das der im schulischen Kontext genutzten Sprache Pascal verwandte *Oberon* [RW94, MLK95] gesetzt. Mit *Java* setzte sich eine andere auf C bzw. C++ anknüpfende Sprache durch, die zudem in ihren imperativen Elementen eine andere Syntax nutzt [Fr98].

Während es noch nachvollziehbar war, dass Java an den Hochschulen und professionellen Bereich als *die Sprache* des Internet sich durchsetzte – Plattformunabhängigkeit und Kostenfreiheit spielten zusätzlich eine Rolle – ist dieses für den schulischen Bereich weniger einfach zu erklären. Hier spielte sicher eine Rolle, dass 1993 *Schwill* [Sc93] die dringende lerntheoretisch begründete Empfehlung aussprach, objektorientiert zu starten. Aber das war nicht der einzige Grund. Auch Konzepte wie das *strictly first* [KR01, Ko08] und den darauf aufbauenden Vorschlag des *strictly objects and models first*, inklusive dem *Objektspiel* [Di07] von *Diethelm* unterstützten diese Empfehlung. *Brinda* hat mit dem *didaktischen*

System für objektorientiertes Modellieren [Br04] dieses Vorgehen ebenso unterfüttert wie beispielsweise auch Spolwig, der dabei allerdings seine Vorschläge in Delphi publizierte⁵. Objektorientierung wurde akzeptierter und erwünschter Teil unterrichtlicher Praxis, der dem imperativen Zugang zu bevorzugen sei.

In den fachdidaktischen Diskussionen und Analysen ist allerdings viel zu wenig berücksichtigt worden, dass Objektorientierung eher auf der Ebene der modularen Programmentwicklung anzusiedeln ist, die in größeren Programmierprojekten als Ergänzung der strukturierten Programmierung eingesetzt wird. Tatsächlich zielen bei näherer Betrachtung die Vorschläge von Brinda, Diethelm und Spolwig auch auf das Programmieren im Großen.

Allerdings wiederholte sich zugleich die Geschichte: Die meisten Lehrkräfte mussten etwas unterrichten, in dem sie nicht wirklich (aus-)gebildet waren, sondern eigentlich höchstens angelernt waren. Dies gilt sicher auch für die meisten, die die Vorgaben erstellt haben. Dies hatte und hat natürlich Auswirkungen auf die Qualität: Administration, Lehrkräfte und Lernende waren und sind überfordert.

4 Falsche Versprechen der Objektorientierung

Die Arbeiten und Aufsätze zur Objektorientierung verweisen in ihren Argumentationen auf eigene Erfahrungen in der Unterrichtung der Objektorientierung; sie können jedoch nicht mit empirischen Ergebnisse nachweisen, dass OO wirklich zu bevorzugen bzw. unter welchen Rahmenbedingungen der Unterricht mit OO wirklich erfolgreich ist. Jenseits der konzeptionellen Erwägungen hat vor allem die administrative Einführung und Umsetzung in der Praxis dazu beigetragen, dass die Objektorientierung den Unterricht in der Sekundarstufe II heute prägt.

In NRW war 1999 nach ca. drei Jahren Vorarbeit ein neuer Lernplan [Mi99] in Kraft getreten, der bis 2013 gültig war. Dieser sah vor, dass neben einer imperativen Programmiersprache eine weitere Sprache mit anderem Paradigma unterrichtet wird, entsprechend konnte OO integriert werden. Mit dem Kernlehrplan ab 2013 [MS13] wurde Objektorientierung dann verpflichtend.

Den inhaltlichen Schwerpunkt der Abiturprüfungen, in denen die Implementierung einbezogen ist, bildet der Bereich *Algorithmen und (dynamische) Datenstrukturen*, der eine Umsetzung der Objektorientierung eigentlich nicht zwingend nötig macht. So wurden im Ergebnis objektorientierte Elemente der auch zu bewältigenden imperativen Programmierung hinzugefügt.

Es zeigte sich damit sehr schnell, dass das Versprechen der OOM und OOP, etwas Neues als Ersatz und Besseres und teilweise auch Einfacheres für das bisherige imperative Paradigma zu sein, nicht eingelöst wurde. Die Objektorientierung war und ist in der Praxis ein

⁵ http://www.spolwig.de/is/didaktik/oop_probleme.htm, (letzter Zugriff: 22.07.2021)

technologischer Zusatz zum imperativen Paradigma. Das galt und gilt auch dann, wenn in den Lehrplänen die Darstellung der imperativen Vorgaben platzmäßig zugunsten der objektorientierten Ziele reduziert wurde. Auf das Erlernen und Beherrschen der imperativen Inhalte konnte und kann im Unterricht nicht verzichtet werden.

Das Versprechen der objektorientierten Vorgehensweise, den Schwerpunkt auf die Modellierung statt auf die Programmierung legen zu können, beinhaltet einen gewichtigen, aber unterschätzten Denkfehler. Die ohne Zweifel schwierig zu erwerbenden Kompetenzen des Programmierens können auf diesen Weg nicht reduziert werden.

Der Modellierungsgraben

Nicht nur das Erstellen eines passenden Modells im Rahmen der Modellierung ist eine intellektuelle beanspruchende Aufgabe im Informatikunterricht, sondern auch der Wechsel von der Ebene des Modells zur Ebene der Programmierung fordert die Schüler und Schülerinnen heraus [FP17]. Die Beschäftigung auf jeder Seite dieses Grabens ist je nach Aufgabenstellung unterschiedlich anspruchsvoll. Der Sprung über diesen Graben ist häufig mindestens so schwierig wie die Tätigkeiten auf jeder dieser beiden Seiten.

- **Patternsuche** Für die Umsetzung der in der Modellierung gestalteten Objekte und Objekttypen werden auf der Automatisierungsebene geeignete Entwurfsmuster benötigt und gesucht. Diese *Pattern* unterscheiden sich gegebenenfalls relativ stark von der in der Modellierung gefundenen Struktur. Dies verdeutlichen folgende Beispiele:

- **Von der Sequenz zum Baum** Der Kundenstamm einer Versicherung wird wie üblich mit Kundennummern, ihren Namen und Adressen etc. verwaltet. Wollen wir diese Daten in einer geeigneten Struktur darstellen, haben wir es mit einer Sequenz von Datensätzen zu tun. Aus dieser Beschreibung auf der Modellierungsebene folgt aber nicht, dass wir auf der Automatisierungsebene selbstverständlich ebenfalls mit einer Datenstruktur Sequenz arbeiten. Gerade die schon bei geringen Anzahlen problematische Bearbeitungszeit verlangt nach anderen Ansätzen. Eine Möglichkeit ist bekannterweise der binäre Suchbaum.

- **Vom Baum zur Sequenz** Als zweites Beispiel betrachten wir das Morsealphabet. Die Zeichen können gut graphisch in einem Baum angeordnet und entsprechend modelliert werden. Betrachten wir dieses Problem auf der Automatisierungsebene, so verändert sich die Sichtweise. Eine geeignete Darstellung ist eine Sequenz aus Wertepaaren, die den Morsezeichen Buchstaben zuordnen. Der Zugriff zu den Paaren erfolgt über das erste Element.

Unterrichtliche Konsequenzen

Es versteht sich daher von selbst, dass im Unterricht nicht wenig Zeit für genau diese Analysen verwendet werden muss. Ein Bewusstsein für diese Problematik und der Umgang auf der programmiersprachlichen Ebene muss entwickelt werden. Zeitanalysen, Grundstrukturen wie Kontrollstrukturen in der Programmierung etc. sind und bleiben daher notwendige und nicht einfach zu erlernende Bestandteile und Ziele des Informatikunterrichtes [Ma11, Sc12].

5 Nachfragen in der Praxis

Wir haben in den letzten Jahren verschiedene Untersuchungen und Befragungen vorgenommen, um die Realität und Erfolge des Unterrichts zu erfahren. Im Folgenden werden kurz die Ergebnisse geschildert.

Die Lehrenden In einer Befragung mit zweifelsohne kleinem Umfang haben wir Informatikunterrichtende befragt, wie ihre Einschätzung ist. Insbesondere sehen sie Differenzen im Angesicht ihrer eigenen unterrichtlichen Praxis, die zwischen dem OO-Denken bzw. OO-Modellieren und dem zielgerichteten Implementieren besteht. Dabei wird deutlich, dass nahezu alle Lehrkräfte bei den Herausforderungen im Unterricht, die sie bei der Implementierung in Java wahrnehmen, an der OO insgesamt (ver-)zweifeln.

Letztlich ergeben sich aus den Antworten zwei Schwerpunkte: Den ersten Schwerpunkt bilden die einführenden Beispiele zur Begriffsbildung (Fahrzeuge, Tiere, ...). Diesbezüglich stellen die Lehrkräfte fest, dass diese Beispiele anscheinend von den Lernenden verstanden werden, dass jedoch die Umsetzung in die Programmierung nicht gelingt. Der zweite Schwerpunkt betrifft die Reihenfolge, die in der Fachdidaktik unter der Überschrift *OO first* bzw. *OO later* diskutiert wird. Die hier befragten Lehrkräfte plädieren für einen *OO later* Ansatz, obschon sie die OO-Elemente nicht so recht missen wollen.

Die Studierenden Wir haben darauf folgend in einer weiteren Befragung von Lehramtsstudierenden versucht festzustellen, wie derzeit Studierende Modellierung und Programmierung im Lernprozess einschätzen. Sie stimmen im wesentlichen der Position zu, dass die imperativen Elemente die Basis bilden und es durch das vordringliche Lernen dieser Elemente auch zu mehr Erfolgserlebnissen kommt. Dies entspricht auch ihrer eigenen Programmiersozialisation.

Um genauer herauszufinden, wie es aus ihrer Sicht um das Verhältnis von imperativ zu objektorientiert steht, haben wir den Studierenden zwei weitere Aufgaben gestellt, bei denen es darum geht, Züge zu rangieren. Die erste Aufgabe erfordert noch keine objektorientierte Modellierung und kann mit der Datenstruktur Stack leicht gelöst werden; die zweite (als Variation der ersten) zeigt dann, dass diese Variante mit einer zuvor objektorientierten Implementierung leichter zu lösen gewesen wäre. Die Studierenden haben die Vorteile einer Bevorzugung einer objektorientierten Lösung erst retrospektiv erkannt. Die Grundlagen imperativer Programmierung und algorithmischen Denkens zu vermitteln, scheint zentral.

Die Schülerinnen und Schüler Ausgangspunkt sind die Herausforderungen, die wir selbst als Lehrende in unserem eigenen Unterricht wahrgenommen, aber auch in der Unterrichtsbeobachtung anderer erlebt haben. Ein nicht unwesentlicher Aspekt ist die immer mehr heterogene Schülerschaft. Zudem ist es unser Anspruch, eine Informatik in der Schule für alle Schüler und Schülerinnen zu entwickeln. Wir haben daher versucht, verschiedene Aspekte in unterschiedlichen Untersuchungen zu überprüfen.

- Große oder kleine Projekte In einem Unterrichtsversuch haben wir verglichen, wie der Lerneffekt sich beim Arbeiten mit kleinen oder großen Projekten unterscheidet. Die eine

Gruppe hat ein größeres Projekt mit mehreren Klassen und je nach Klasse mehreren Instanzen erhalten. Die andere Gruppe hat ein reduziertes Projekt mit einer Klasse erhalten, das nach Analysen und kleineren Veränderungen iterativ ergänzt wurde, sodass als Endzustand ein vergleichbar größeres Projekt wie in der ersten Gruppe entstanden ist.

Es zeigte sich in der Auswertung dieser beiden Gruppen, dass die Schülerinnen und Schüler in der Gruppe mit dem kleinen Projekt die Ideen der objektorientierten Vorgehensweise besser verstanden hatten. Der grundsätzliche Ansatz von Kölling und Rosenberg mit größeren Projekten muss daher als weniger geeignet angesehen werden [FP19].

- Projekt oder LULUM Wir haben zudem untersucht, ob der Weg mit kleinen Projekten oder ein Ansatz mit teilweise extrem kleinen Modulen (als Klassen formuliert) erfolgreicher ist oder nicht. Als Projekt haben wir das oben beschriebene kleine Projekt verwendet. Der Ansatz für die andere Gruppe *LULUM* (*Learning Using Little Useful Modules*) besteht dabei aus völlig unabhängigen kleinen Programmen, die jeweils eine Klasse enthalten, die im jeweiligem eigentlichen Anwendungsprogramm genutzt wird. Die empirischen Ergebnisse waren eindeutig. Die Schülerinnen und Schüler der LULUM-Gruppe waren signifikant besser als die aus der Projektgruppe [FP20].

- Sprachauswahl In einer vorhergehenden Untersuchung haben wir versucht, die gedanklichen Anforderungen auf der Automatisierungsebene zu minimieren. Wir haben in einer Gruppe wie ‚üblich‘ mit der Sprache *Java* gearbeitet, in der anderen Gruppe mit der Skriptsprache *Groovy*. Es zeigte sich allerdings, dass auf der Modellierungsebene überhaupt nicht genügend Basiswissen über die notwendigen objektorientierten Strukturen erworben werden konnte, um diese dann in der einfacheren Automatisierungsebene zu nutzen [FP17].

6 Der Blick nach vorn

Das Hinzufügen objektorientierter Elemente überfordert offenbar viele Schülerinnen und Schüler sowie auch viele Lehrkräfte. Dies ist der zur Verfügung stehenden Zeit geschuldet, in der die OO motivierende Komplexität z. B. für größere Projekte nicht abbildbar ist. Da wir zudem keine Hinweise gefunden haben, dass die OO später schwieriger zu erlernen ist – eher haben wir in unseren Forschungen das Gegenteil erfahren – besteht kein Anlass, mit der OO und ihrem umfangreichen Begriffsapparat zu starten [Bö07]. *Börstler* beklagt neben Missconceptions und falschen Beispielen ebenfalls eine Überforderung [Bö07].

Die schnelle Einführung von Java, die vor allem aus dem universitären Umfeld vorangetrieben wurde, war weder fachlich ausreichend begründet noch wirklich fachdidaktisch aufbereitet. Es sind zudem die weiterhin zu erhaltenen algorithmenorientierte Inhalte für den Informatikunterricht prägend und unverzichtbar.

Die Einführung der Objektorientierung in der Schule haben *Kortenkamp* u.a. zu Recht mit der Einführung der Mengenlehre in der Schule im Mathematikunterricht in den 1970er-Jahren verglichen [Ko09]. Die dort vorgestellten Probleme machen zudem deutlich, dass es

tatsächlich keine Didaktik der OOM/P gibt. Die Ziele und Begründungen der Einführung der OO halten überdies empirischen Befunden – systematisch auch von *Ehlert* [Eh12] dargestellt – nicht stand.

Aus allem wird deutlich und zwingend: Die Grundlagen imperativer Programmierung und algorithmischen Denkens zu vermitteln, ist und bleibt zentral. Lehrpläne und Vorgaben unterhalb der Sekundarstufe II sollten sich darauf beschränken; auch in den Grundkursen der Sekundarstufe II scheint dies wahrscheinlich ausreichend. Auffällig ist, dass dabei ein Verständnis von Variablen offensichtlich ein entscheidender Punkt ist. Das verlangt ein Nachdenken über die zugrundeliegende *Notional Machine* als Maschinenmodell, das den Schülerinnen und Schülern als Basis zum Verständnis vermittelt werden muss [So13, Fi20].

Eine solch gestaltete Schulinformatik wird der von *Jeannette Wing* dargestellten Beschreibung der Informatik als Wissenschaft der *Abstraktion und Automation* [Wi06] deutlich mehr gerecht als der derzeit praktizierte Weg.

Die empirischen Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere bei der von uns angestrebten Einführung eines Pflichtfaches Informatik in allen Schulen darauf zu achten sein wird, dass dem Stoff- bzw. Begriffsumfang (und auch die Länge der weiterzuentwickelnden Programme) Grenzen gesetzt werden, die wir in intensiven didaktischen Diskussionen und Entscheidungen berücksichtigen müssen. Eine Orientierung können dabei curriculare Entwicklungen beispielsweise in den USA mit dem *AP Computer Science Principles Course*⁶ [AC12, S.29–68] und in England mit dem *National curriculum in England: computing programmes of study*⁷ geben.

Unser Ziel ist nicht die Existenz von Informatikunterricht in allen Schulen als Selbstzweck, sondern dass dieser Unterricht für alle Schülerinnen und Schüler erfolgreich wird. Wir werden in 20 Jahren überprüfen, ob das gelungen ist.

Literaturverzeichnis

- [AC12] ACM Inroads: Computer Science Principles and the CS 10K Initiative, Jgg. 3. ACM, New York, NY, USA, June 2012.
- [Ba81] Baumann, Rüdeger: Informatik mit Pascal. Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 1981.
- [Bi56] Bittorf, Wilhelm: Automation, die zweite industrielle Revolution. Lebendige Wirtschaft. Leske-Verlag, Darmstadt, 1956.
- [Bo85] Bosler, Ulrich; Hampe, Wolfgang; Wanke, Ilona; van Weert, Tom J.: Grundbildung Informatik. J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1985.
- [Bö07] Börstler, Jürgen: Objektorientiertes Programmieren – Machen wir irgendwas falsch? In (Schubert, Sigrid, Hrsg.): Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis – INFOS 2007 – 12. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e. V., Bonn, S. 9–20, 2007.

⁶ <https://apcentral.collegeboard.org/courses/ap-computer-science-principles/course>, (letzter Zugriff: 20.1.2021)

⁷ <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>, (letzter Zugriff: 20.1.2021)

- [BOS77] Bauersfeld, Heinrich; Otte, Michael; Steiner, Hans Georg, Hrsg. Informatik im Unterricht der Sekundarstufe II: Grundfragen, Probleme und Tendenzen mit Bezug auf allgemeinbildende und berufssqualifizierende Ausbildungsgänge. Schriftenreihe des IDM (Institut für Didaktik der Mathematik) 15 (Band I) und 16 (Band II). Universität Bielefeld, Bielefeld, 1977. Arbeitstagung: Bielefeld 12.–14. September 1977.
- [Br04] Brinda, Thorsten: Didaktisches System für objektorientiertes Modellieren im Informatikunterricht der Sekundarstufe II. Dissertation, Universität Siegen, Siegen, 2004.
- [Bu73] Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung: Bildungsgesamtplan Band 1. Klett, Stuttgart, 1973.
- [CLR86] Cin, Marion Dal; Lutz, Joachim; Risse, Thomas: Programmierung in Modula 2. B.G. Teubner, Stuttgart, 1986.
- [DDH72] Dahl, Ole-Johan; Dijkstra, Edsger Wybe; Hoare, Charles Antony Richard, Hrsg. Structured programming. Academic Press Ltd., London, UK, UK, 1972.
- [De80] Deller, Hellmut: Informatik in der Sekundarstufe II : zur Grundlegung der Informatik als Unterrichtsfach. Diesterweg, Frankfurt am Main [u.a.], 1. aufl.. Auflage, 1980.
- [Di07] Diethelm, Ira: „Strictly models and objects first“ - ein Unterrichtskonzept für OOM. In: Didaktik der Informatik in Theorie und Praxis. INFOS 2007: 12. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 19.-21. September 2007 in Siegen. S. 45–56, 2007.
- [Eh12] Ehlert, Albrecht: Empirische Studie: Unterschiede im Lernerfolg und Unterschiede im subjektiven Erleben des Unterrichts von Schülerinnen und Schülern im Informatik-Anfangsunterricht (11. Klasse Berufliches Gymnasium) in Abhängigkeit von der zeitlichen Reihenfolge der Themen (OOP-First und OOP-Later) . Dissertation, Freie Universität Berlin, Berlin, 2012.
- [Fa76] Fachausschuss Ausbildung der GI: Zielsetzung und Inhalte des Informatikunterrichts. ZDM, 8:35–43, 1976. Nachdruck.
- [Fi20] Fincher, Sally; Jeuring, Johan; Miller, Craig S.; Donaldson, Peter; du Boulay, Benedict; Hauswirth, Matthias; Hellas, Arto; Hermans, Felienné; Lewis, Colleen; Mühling, Andreas; Pearce, Janice L.; Petersen, Andrew: Notional Machines in Computing Education: The Education of Attention. In: Proceedings of the Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education. ITiCSE-WGR '20, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, S. 21–50, 2020.
- [Fo92] Forneck, Hermann-Josef: Bildung im informationstechnischen Zeitalter. Untersuchung der fachdidaktischen Entwicklung der informationstechnischen Bildung. Sauerlaender, Aarau, 1992.
- [FP17] Fischer, Johannes; Pasternak, Arno: Modularisierung im Informatikunterricht aus lernpsychologischer Perspektive. In (Diethelm, Ira, Hrsg.): Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 247–256, 2017.
- [FP19] Fischer, Johannes; Pasternak, Arno: Comparing Approaches for Learning Abstraction and Automation by Object Orientation. In (Jasutė, Eglė; Pozdniakov, Sergei, Hrsg.): ISSEP 2019 - 12th International conference on informatics in schools: Situation, evaluation and perspectives, Local Proceedings. S. 39 – 47, 2019.
- [FP20] Fischer, Johannes; Pasternak, Arno: To Project or Not to Project: In Search of the Pathway to Object Orientation. In (Kori, Külli; Laanpere, Mart, Hrsg.): ISSEP 2020 - 13th International conference on informatics in schools: Situation, evaluation and perspectives, Local Proceedings. S. 31 – 42, 2020. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol2755, urn:nbn:de:0074-2755-1.
- [Fr98] Franz, Michael: Java - Anmerkungen eines Wirth-Schülers. Informatik-Spektrum, 21(1):23–26, 1998.
- [Fu68] Fuchs, Walter Robert: Exakte Geheimnisse - Knaurs Buch der Denkmaschinen: Informationstheorie und Kybernetik. 1968.

- [HS90] Hartwig, Martin; Stein, Eckhard: Programmieren mit Ada. Verlag Technik, Berlin, 1990.
- [KM72] KMK (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland): Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II. 1972.
- [Ko08] Koölling, Michael: Reflections on the Teaching of Programming. Kapitel Using BlueJ to Introduce Programming. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [Ko09] Kortenkamp, Ulrich; Modrow, Eckart; Oldenburg, Reinhard; Poloczek, Jürgen; Rabel, Magnus: Objektorientierte Modellierung - aber wann und wie? LOG IN, (160/161):41–47, 2009.
- [KR01] Kölling, Michael; Rosenberg, John: Guidelines for Teaching Object Orientation with Java. In: Proceedings of the 6th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. ITiCSE '01, ACM, New York, NY, USA, S. 33–36, 2001.
- [Lo81] LOG IN: Informatische Bildung und Computer in der Schule, 1981. Urh. u. beteil. Körper wechseln Ersch. sechsmal jährl.
- [Ma11] Mascarell, Jordi Bataller: Visual Help to Learn Programming. ACM Inroads, 2(4):42–48, 2011.
- [Mi99] Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen: Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule Richtlinien und Lehrpläne Informatik. Schriftenreihe: „Schule in NRW“, Nr. 4725. Ritterbach Verlag, Frechen, 1999.
- [MLK95] Mühlbacher, Jörg R.; Leisch, Bernhard; Kreuzeder, Ulrich: Programmieren mit Oberon-2 unter Windows. Carl Hanser Verlag München Wien, München Wien, 1995.
- [MS13] MSW NRW: Kernlehrplan für die Sekundarstufe II, Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen, Informatik. Düsseldorf, 2013.
- [Pa96] Pasternak, Arno: Thesen zur aktuellen didaktischen Diskussion. Fiff-Kommunikation, 2/96:9–10, 1996.
- [Po56] Pollock, Friedrich: Automation: Materialien zur Beurteilung der ökonomischen und sozialen Folgen. Frankfurter Beiträge zur Soziologie. Europäische Verlagsanstalt, Frankfurt, 1956.
- [Pr83] Programmiersprachen, 1983.
- [RW94] Reiser, Martin; Wirth, Niklaus: Programmieren in Oberon. Addison-Wesley, Bonn, 1994.
- [SB86] Schauer, Helmut; Barta, Georg: Konzepte der Programmiersprachen. Springers Angewandte Informatik. Springer Verlag, Wien, New York, 1986.
- [Sc92] Schiemangk, Hans: Modula-2, 2. Auflage. Verlag Technik, Berlin, 1992.
- [Sc93] Schwill, Andreas: Objektorientierte Programmierung: Eine Rechtfertigung aus kognitionspsychologischer Sicht. LOG IN, 13(4):44–45, 1993.
- [Sc12] Schimpf, Paul H.: You Say 'Reference', I Say 'Pointer': A Clarification. ACM Inroads, 3(1):38–41, 2012.
- [So13] Sorva, Juha: Notional Machines and Introductory Programming Education. ACM Transactions on Computing Education, 13:8:1–8:31, 2013.
- [St57] Steinbuch, Karl: Informatik: Automatische Informationsverarbeitung. SEG Nachrichten, (4):171–176, 1957.
- [St69] Steinbuch, Karl: Die Informierte Gesellschaft: Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik. Rororo Sachbuch. Rowohlt, 1969.
- [vC71] von Cube, Felix: Was ist Kybernetik?: Grundbegriffe, Methoden, Anwendungen. Deutscher Taschenbuch Verlag, 1971.
- [Wi48] Wiener, Norbert: Cybernetics: Or, Control and Communication in the Animal and the Machine. M.I.T. paperback series. Mit Press, 1948.
- [Wi85] Wirth, Niklaus: Programming in Modula-2, 3. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, 1985.
- [Wi06] Wing, Jeannette M.: Computational Thinking. Communications of the ACM, 49(3):33–35, 2006.

Ganzheitliche Schulentwicklung mittels Learning Analytics?

Dirk Ifenthaler^{1 2}

Abstract: Learning Analytics verwenden statische Daten von Lernenden und dynamische, in Lernumgebungen gesammelte Daten über Aktivitäten und den Kontext der Lernenden, um diese in nahezu Echtzeit zu analysieren und zu visualisieren, mit dem Ziel der Modellierung, Unterstützung und Optimierung von Lehr-Lernprozessen, Lernumgebungen und bildungspolitischen Entscheidungen. Aus Sicht der ganzheitlichen Schulentwicklung ergeben sich aus Learning Analytics umfangreiche Potenziale für die Organisationsentwicklung, Personalentwicklung, Unterrichtsentwicklung, Technologieentwicklung sowie Kooperationsentwicklung. Der Beitrag präsentiert unter der Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes Gelingensbedingungen für die Implementation von Learning Analytics im Kontext der Schule.

Keywords: Learning Analytics, Schulentwicklung, Bildungsdatenkompetenz

1 Einleitung

Seit Anfang der 2010er Jahre kann eine rasante Entwicklung von Forschungsbeiträgen zu Learning Analytics in den Bereichen Pädagogik, Psychologie sowie Informatik festgestellt werden [Pr19]. Der Forschungsbereich weist zugleich eine Diversifizierung auf, wobei sich eine Fülle konzeptioneller Variationen entwickelt haben, darunter School Analytics [SS16], Teacher Analytics [SS17] Academic Analytics [LS11], Assessment Analytics [NCB19], Social Learning Analytics [SF12] oder Multimodal Learning Analytics [BW16]. Nach Ifenthaler [If15] verwenden Learning Analytics statische Daten von Lernenden und dynamische in Lernumgebungen gesammelte Daten über Aktivitäten (und den Kontext) von Lernenden, um diese in nahezu Echtzeit zu analysieren und zu visualisieren, mit dem Ziel der Modellierung und Optimierung von Lehr-Lernprozessen und Lernumgebungen.

Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Learning Analytics sind jedoch nur vereinzelt verfügbar [LC17]. Bisherige Forschungsarbeiten fokussieren den Einsatz unterschiedlicher Werkzeuge [At13], reflektieren internationale Praxiserfahrungen [SPM16], analysieren institutionelle Rahmenbedingungen [SM18] und empfehlen administrative Regularien [Ts18]. Erste systematische Übersichtsarbeiten zu Learning Analytics formulieren Gelingensbedingungen zur Organisationsentwicklung [Fe16], identifizieren offene Forschungsbereiche [PE14] und prüfen die Effizienz von Learning Analytics Interventionen [SHS18]. Eine systematische Übersichtsarbeit zur Unterstützung von Lernerfolg durch Learning Analytics

¹ Universität Mannheim, Economic and Business Education – Learning, Design and Technology, L4, 1, 68131 Mannheim, dirk@ifenthaler.info, <https://orcid.org/0000-0002-2446-6548>

² Curtin University, Bentley, WA, Australia

im Bereich der Hochschule bestätigt die eingeschränkte Evidenz zur Wirksamkeit von Learning Analytics zur Unterstützung von Lern- und Lehrprozessen [IY20].

Trotz dieser frühen Bemühungen liegen noch keine systematische Übersichtsarbeiten zum Zusammenhang zwischen Learning Analytics und Schulentwicklungsprozessen vor. Hier setzt der vorliegende Beitrag an: Wo lassen sich Potenzial von Learning Analytics für die Schulentwicklung entfalten?

2 Datengestützte Schulentwicklung

In den letzten Jahren haben sich für die Organisation Schule die Ausgangsbedingungen zum einen durch bildungspolitische Rahmenvorgaben und zum anderen durch einen gesellschaftlichen Wandel (z. B. Digitalisierung) verändert [EG18]. Schule kann diese Herausforderungen nur erfolgreich meistern, wenn sie sich als eine lernfähige und veränderungswillige Institution begreift und sich als lernende Organisation (weiter-)entwickelt. Aus einer systemischen Perspektive kann Schulentwicklung nur von innen heraus stattfinden, weshalb dem Einbeziehen von Lehrpersonen und deren Professionalisierung in Schulentwicklungsprozesse eine entscheidende Bedeutung zukommt [Ba90].

Fullan und Kollegen [FBR90] thematisieren die Systemzusammenhänge von Schulentwicklung als ineinandergreifende Elemente, gegliedert nach den Bereichen Organisationsentwicklung, Unterrichtsentwicklung und Personalentwicklung. Hinsichtlich des Gestaltungsspielraums der Einzelschule muss man allerdings auch feststellen, dass die Umsetzungsqualität keineswegs homogen ist [Me05]. Sowohl hinsichtlich der Problemlösekompetenz als auch hinsichtlich der Prozessgestaltung lassen sich Unterschiede unter den Einzelschulen ausmachen [Ku02a; Ku02b]. Bedenkt man, dass produktive Schulen ein höchst kompetentes und professionelles Kollegium benötigen, welches neben einem effektiven Unterricht auch Führungsaufgaben wahrnimmt und an schulischen Entscheidungsprozessen teilnimmt, so spricht dies für eine Bedeutungszunahme der Lehrpersonen im Organisationsgefüge Schule [LD93].

Eickelmann und Gerick [EG18] greifen die oben skizzierte Komplexität auf, indem fünf Ebenen der Schulentwicklung und deren Interdependenzen angenommen werden: a) Organisationsentwicklung, b) Personalentwicklung, c) Unterrichtsentwicklung, d) Technologieentwicklung sowie e) Kooperationsentwicklung. Darüber hinaus wird seit jüngerer Zeit die Herausforderung einer datenbasierten Schulentwicklung diskutiert [MC18]. Es wird angenommen, dass quantitative Daten zur Entscheidungsfindung für Schulentwicklungsprozesse genutzt werden können. Als Anwendungsbeispiele werden psychometrisch-orientierte Methoden und quantitativ standardisierte Leistungskontrollen genannt [CL09].

Herausforderungen für die Verwendung von Daten für die Schulentwicklung sind die systematische und zielgerichtete Sammlung, Analyse und Verfügbarkeit der Daten in Schulen [MC18]. Ein vielversprechendes Konzept für diese Herausforderung scheinen Learning Analytics zu bieten.

3 Learning Analytics

Frühe Learning-Analytics-Ansätze beschränkten sich auf die Analyse von Trace-Data (Log-files) oder Web-Statistiken, um das Verhalten von Lernenden in Online-Lernumgebungen zu beschreiben [Ve13]. Inzwischen konnten die methodologischen Perspektiven von Learning Analytics erweitert werden [BBB14; Pr19]. Somit reichen die Datenanalysen um Learning Analytics weit über die Standardmethoden der Lern-Lehr-Forschung (z. B. Regressionsanalyse, Faktorenanalyse, Clusteranalyse usw.) hinaus. Dabei kommen Variationen von Regressionsanalysen (u. a. logistische Regression, Hierarchisch-Lineare-Regression) zum Einsatz [Si13]. Vor dem Hintergrund unstrukturierter Daten und großer Datenmengen werden jedoch zunehmend Machine Learning Ansätze wie zum Beispiel Support Vector Machines [CS08], Random Forest [Br01] und Decision Tree [Qu86] verwendet. Zusätzlich werden Netzwerkanalysen für die Identifikation sozialer Interaktionen [Ga19] oder zur Optimierung curricularer Planungen [IGD18] herangezogen. Auch semantische Analysen (Natural Language Processing; NLP) und damit verbundenes informatives Feedback in Echtzeit finden zunehmend mehr Anwendung im Kontext von Learning Analytics [GK13; If14a].

Aktuelle Entwicklungen um Learning Analytics fokussieren auf (a) die Verbesserung des Lernens und der Motivation der Lernenden und damit verbunden die Reduktion von Abbrecherquoten (oder deren Inaktivität) [Co16; Gl19; HJ19; Ma16] und auf (b) die Unterstützung bzw. Optimierung von Lernprozessen, indem adaptive Lernpfade sowie -hilfen zur Erreichung bestimmter, vorgegebener oder selbstgesetzter Ziele bereitgestellt werden [DTM11; Ga17; If11; IMY19]. Nur vereinzelte Studien berichten jedoch robuste Erkenntnisse hinsichtlich der Effektivität und Wirksamkeit von Learning Analytics zur Unterstützung von Lernerfolg [SVI15].

Mit der zunehmenden Auseinandersetzung von Bildungsdaten wurden schließlich Potentiale für den weiteren Bildungskontext, zum Beispiel Identifikation von potentiellen Studienabbrechern, erkannt [SPM16]. Mittlerweile kann eine umfassende Diversifikation der ursprünglichen Learning-Analytics-Ansätze dokumentiert werden. Im Folgenden werden einige Strömungen reflektiert.

- **Social Learning Analytics** verwenden Daten von sozialen Interaktionen, welche zum Beispiel in Diskussionsforen oder sozialen Netzwerken anfallen [DTM11]. Die Analysen geben Einblicke in die Teilhabe von Studierenden in kollaborativen Lernprozessen [If14b] und Visualisieren die Netzwerkstruktur und deren Dynamiken im Hinblick auf Lernergebnisse [Ke19] oder lassen Grenzen zwischen formalen und informellen Lerngelegenheiten erkennen [JKD19].
- **Teaching Analytics** fokussieren die Unterstützung von Lehrenden [Pr16]. Mittels Daten von Lernenden und Lernumgebungen erhalten die Lehrenden einen umfassenden Einblick in individuelle Lernprozesse und können ad hoc mittels pädagogischer Interventionen reagieren.

- **School Analytics** werden als Mehrebenenansatz in einer Bildungsorganisation verstanden, indem Daten aus der Mikro-, Meso- und Markroebene für systematische und datenbasierte Entscheidungen verwendet werden. Als primäre Stakeholder werden Hochschulleitungen und andere Entscheidungsträger in Bildungsorganisationen genannt [SS16]. Diese Zielsetzung verfolgen auch *Academic Analytics* [LS11].
- **Curriculum Analytics** und **Learning Analytics Design** beziehen sich auf Fragen der Konsistenz und Qualität von Studienprogrammen sowie einzelner Kurse [If17; LHD13]. Die Analysen werden zur Prüfung von didaktisch intendierter Sequenzierung der Lerninhalte, zur Identifikation von redundanten Lernmaterialien oder Prüfung von Eingangsvoraussetzungen verwendet. Es werden zum Beispiel mittels Netzwerkanalysen intendierte Lernpfade mit tatsächlichen Lernpfaden verglichen [IGD18].
- **Measurement** oder **Assessment Analytics** betrachten die Diagnose und Bewertung von Lernprozessen und -ergebnissen [IGG18]. Neben der summativen Erfassung von Lernfortschritten stehen die formative Analyse von Lernprozessen im Zentrum des Anwendungskontexts. Die Herausforderung von Assessment Analytics sind an individuelle Bedürfnisse der Lernenden angepasste unmittelbare (in nahezu Echtzeit) und informative Rückmeldungen (Feedback) bzw. Hilfestellungen (Scaffolds) [WB18; WI18].
- **Multimodal Learning Analytics** fokussiert unterschiedliche Datenquellen für eine umfassendere Analyse von Lernprozessen. Dabei werden neben Bewegungsdaten (Logfileanalysen) von Lernplattformen auch Daten zur individuellen Disposition von Lernenden (z. B. Emotion, Motivation) sowie Überzeugungen und Interessen in umfassende Analysen integriert [BW16]. Darüber hinaus werden sensor-basierte Daten (z. B. Hautwiderstand, Elektroenzephalogramm EEG, Herzfrequenz EKG, Blutdruck, Atmung, Luftqualität, etc.) oder Blickraten (Eye-Tracking) im Kontext von Lernprozessen gesammelt [FPY17]. Die sensor-basierten Learning Analytics Anwendungen werden auch als *Learning Physiolytics* definiert.

Es ist unschwer erkennbar, dass die Diversifikation von Konstrukten um Learning Analytics eine begriffliche Unschärfe hervorruft. Eine holistische Definition von Learning Analytics (z. B. [If15]) beinhaltet die oben diskutierten Variationen und erlaubt dennoch die Ausrichtung der Learning-Analytics-Ansätze im jeweiligen Anwendungsfall zu spezifizieren.

Keine der zuvor zitierten Studien beinhaltet eine vollständige und detaillierte Übersicht zu Learning Analytics im Zusammenhang mit Unterstützungsmöglichkeiten von Schulentwicklungsprozessen.

4 Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend können Learning Analytics als sozio-technologische Ansätze definiert werden, mittels derer Bildungsdaten zum Verständnis und zur Optimierung von Lern-Lehr-Prozessen und Lernumgebungen sowie organisationalen Veränderungsprozessen analysiert werden [If20]. Ohne dass dies größere Beachtung gefunden hätte, werden seit nahezu einer Dekade Data-Analytics-Ansätze im Bildungskontext als Werkzeuge zum Verständnis sowie zur Optimierung von Lern- und Lehrprozessen sowie Lernumgebungen genutzt. Zum einen fehlen Bildungseinrichtungen noch immer die organisatorischen, technischen und personellen Kapazitäten für eine nachhaltige und effektive Implementierung von Learning-Analytics-Systemen [If16; LEE19], zum anderen existieren nur sehr wenige empirisch erprobte Learning Analytics Systeme [Ri16; SM18]. Für den Kontext der Schule konnten keine belastbaren Befunde für Learning Analytics im Zusammenhang mit Schulentwicklung identifiziert werden.

Learning Analytics können für Schulen vielfältige Potentiale entwickeln [Ve12], u. a. den Lernerfolg vorhersagen, relevante nächste Lernschritte und Lernmaterialien empfehlen, Reflektion und Bewusstsein über den Lernprozess fördern, soziales Lernen unterstützen indem Lerntandems vorgeschlagen werden, unerwünschtes Lernverhalten und hinderliche Lernschwierigkeiten identifizieren oder den aktuellen Gefühlszustand der Lernenden ausfindig machen. Obwohl Learning Analytics einen besonderen Fokus auf Lern-Lehrprozess und die Lernumgebung haben, bieten die gewonnenen Analyseergebnisse Potentiale für Schulentwicklungsprozesse. Für einen strukturierten Überblick bietet sich eine Aufgliederung der Potentiale nach Zielgruppen (Governance, Institution, Instruktionsdesign, Lehrende, Lernende) sowie Perspektive (Summativ, Formativ, Prognose) an [IW14]. Für Schulentwicklungsprozesse lassen sich folgende Bereiche hervorheben:

- **Governance Stakeholder** umfassen politische Entscheidungsträger einzelner Bildungsorganisationen oder übergeordneter Organisationseinheiten wie z. B. Ministerien, Verbände, etc.
 - *Summative Analysen* ermöglichen institutionsübergreifende Vergleiche oder die Entwicklung von Qualitätsstandards und -prozessen.
 - *Formative Analysen* (in nahezu Echtzeit) erlauben Performanzanalysen oder die Möglichkeit, unmittelbar auf kritische Vorfälle zu reagieren.
 - *Prognosen* dienen der institutionsübergreifenden Planung und der Entwicklung von Unterstützungsprogrammen.
- **Stakeholder der Institution** schließen Departments- bzw. Abteilungsleitungen, Direktorien und Verantwortliche für Bildungsgänge einer Schule mit ein.
 - *Summative Analysen* helfen die Ressourcenverteilung zu optimieren oder den Vergleich von Bildungsgängen über Fachbereiche hinweg.
 - *Echtzeitanalysen* zeigen Fluktuationen in einzelnen Bildungsgängen auf und unterstützen die Evaluation von verfügbaren Ressourcen.

- *Prognosen* helfen der Optimierung von Pilotprojekten und zur Vorhersage von Systemprozessen und Erfolgsindikatoren.

Schulen müssen sich der Datenschutzthemen annehmen, die in Verbindung mit Learning Analytics stehen, wie Zugriffsrechte, Speicherdauer, Analysen und Schlussfolgerungen aus den Analysen [WHH15]. Studienergebnisse weisen darauf hin [Ho17; IS16; WHH16], dass Lehrpersonen und Lernende nicht bereit sind, alle Daten für Learning-Analytics-Anwendungen preiszugeben. Der Großteil ist bereit, lernbezogene Daten zu teilen, nicht aber persönliche Informationen oder soziale Nutzerpfade. Insbesondere bei der Implementierung der geforderten adaptiven und personalisierten Systeme, die auf eine Vielzahl an Daten angewiesen sind, ist dies ein kritischer Aspekt.

Im Hinblick auf die Weiterbildung von Stakeholdern der Schule steht die Bildungsdatenkompetenz (educational data literacy), d. h. ethisch verantwortliches Sammeln, Managen, Analysieren, Verstehen, Interpretieren und Anwenden von Daten aus dem Kontext des Lernens und Lehrens im Vordergrund. Während weitere Fortschritte in der Forschung um Learning Analytics erzielt werden, müssen sich Bildungsorganisationen mit den erforderlichen Veränderungsprozessen befassen, die die Einführung und nachhaltige Verwendung von Learning Analytics ermöglichen.

Literatur

- [At13] Atif, A.; Richards, D.; Bilgin, A.; Marrone, M.: Learning analytics in higher education: a summary of tools and approaches. In (Carter, H.; Gosper, M.; Hedberg, J., Hrsg.): *Electric Dreams: Proceedings of ascilite 2013*. NSW: ascilite, Sydney, S. 68–72, 2013.
- [Ba90] Barth, R. S.: *Improving schools from within: Teachers, parents and principals can make the difference*, San Francisco, 1990.
- [BBB14] Berland, M.; Baker, R. S.; Blikstein, P.: *Educational Data Mining and Learning Analytics: Applications to Constructionist Research*. Technology, Knowledge and Learning 19/1–2, S. 205–220, Mai 2014.
- [Br01] Breiman, L.: Random forests. *Machine Learning* 45/1, S. 5–32, 2001.
- [BW16] Blikstein, P.; Worsley, M.: Multimodal Learning Analytics and Education Data Mining: using computational technologies to measure complex learning tasks. *Journal of Learning Analytics* 3/2, S. 220–238, Sep. 2016.
- [CL09] Campbell, C.; Levin, B.: Using data to support educational improvement. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability* 21/1, S. 47–65, 2009.
- [Co16] Colvin, C.; Rogers, T.; Wade, A.; Dawson, S.; Gašević, D.; Nelson, K.: *Student retention and learning analytics: A snapshot of Australian practices and a framework for advancement*. Australian Government Office for Learning und Teaching, Canberra, ACT, 2016.

- [CS08] Christmann, A.; Steinwart, I.: Support Vector Machines. Springer, New York, 2008.
- [DTM11] Dawson, S.; Tan, J. P. L.; McWilliam, E.: Measuring creative potential: Using social network analysis to monitor a learners. *Australian Journal of Educational Technology* 27/6, S. 924–942, 2011.
- [EG18] Eickelmann, B.; Gerick, J.: Herausforderungen und Zielsetzungen im Kontext der Digitalisierung von Schule und Unterricht (II), Fünf Dimensionen der Schulentwicklung zur erfolgreichen Integration digitaler Medien. *Schulverwaltung NRW* 29/4, S. 111–115, 2018.
- [FBR90] Fullan, M. G.; Benett, B.; Rolheiser-Bennett, C.: Linking classroom and school improvement. *Educational Leadership* 47/8, S. 13–19, 1990.
- [Fe16] Ferguson, R.; Brasher, A.; Clow, D.; Cooper, A.; Hillaire, G.; Mittelmeier, J.; Rienties, B.; Ullmann, T.; Vuorikari, R.: Research Evidence on the Use of Learning Analytics, Implications for Education Policy, Techn. Ber., Joint Research Centre Science for Policy Report, Joint Research Centre, 2016, URL: <https://t1p.de/rmaa>, Stand: 06.07.2021.
- [FPY17] Fortenbacher, A.; Pinkwart, N.; Yun, H.: Learning analytics for sensor-based adaptive learning, presented at the LAK 17 Proceedings of the Seventh International Learning Analytics and Knowledge Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, 13. März 2017.
- [Ga17] Gašević, D.; Jovanović, J.; Pardo, A.; Dawson, S.: Detecting learning strategies with analytics: Links with self-reported measures and academic performance. *Journal of Learning Analytics* 4/2, S. 113–128, 2017.
- [Ga19] Gašević, D.; Joksimović, S.; Eagan, B. R.; Shaffer, D. W.: SENS: Network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning. *Computers in Human Behavior* 92/, S. 562–577, März 2019.
- [GK13] Gurevych, I.; Kim, J., Hrsg.: The people’s web meets NLP. Collaboratively constructed language resources. Springer, Berlin, 2013.
- [Gl19] Glick, D.; Cohen, A.; Festinger, E.; Xu, D.; Li, Q.; Warschauer, M.: Predicting success, preventing failure. In (Ifenthaler, D.; Mah, D.-K.; Yau, J. Y.-K., Hrsg.): Utilizing learning analytics to support study success. Springer, Cham, S. 249–273, 2019.
- [HJ19] Hinkelmann, M.; Jordine, T.: The LAPS project: using machine learning techniques for early student support. In (Ifenthaler, D.; Mah, D.-K.; Yau, J. Y.-K., Hrsg.): Utilizing learning analytics to support study success. Springer, Cham, S. 105–117, 2019.
- [Ho17] Howell, J. A.; Roberts, L. D.; Seaman, K.; Gibson, D. C.: Are We on Our Way to Becoming a “Helicopter University”? *Academics’ Views on Learning Analytics. Technology, Knowledge and Learning* 23/1, S. 1–20, Aug. 2017.

- [If11] Ifenthaler, D.: Intelligent model-based feedback. Helping students to monitor their individual learning progress. In (Graf, S.; Lin, F.; Kinshuk; McGreal, R., Hrsg.): *Intelligent and adaptive systems: Technology enhanced support for learners and teachers*. IGI Global, Hershey, PA, S. 88–100, 2011.
- [If14a] Ifenthaler, D.: AKOVIA: Automated Knowledge Visualization and Assessment. *Technology, Knowledge and Learning* 19/1–2, S. 241–248, Mai 2014.
- [If14b] Ifenthaler, D.: Toward automated computer-based visualization and assessment of team-based performance. *Journal of Educational Psychology* 106/3, S. 651–665, Aug. 2014.
- [If15] Ifenthaler, D.: Learning analytics. In (Spector, J. M., Hrsg.): *The SAGE encyclopedia of educational technology*. Bd. 2, Thousand Oaks, S. 447–451, 2015.
- [If16] Ifenthaler, D.: Are Higher Education Institutions Prepared for Learning Analytics? *TechTrends* 61/4, S. 366–371, Dez. 2016.
- [If17] Ifenthaler, D.: Learning analytics design. In (Lin, L.; Spector, J. M., Hrsg.): *The sciences of learning and instructional design. Constructive articulation between communities*. Routledge, New York, S. 202–211, 2017.
- [If20] Ifenthaler, D.: Change management for learning analytics. In (Pinkwart, N.; Liu, S., Hrsg.): *Artificial intelligence supported educational technologies*. Springer, Champ, S. 261–272, 2020.
- [IGD18] Ifenthaler, D.; Gibson, D.; Dobozy, E.: Informing learning design through analytics: Applying network graph analysis. *Australasian Journal of Educational Technology* 34/2, Apr. 2018.
- [IGG18] Ifenthaler, D.; Greiff, S.; Gibson, D. C.: Making use of data for assessments: harnessing analytics and data science. In (Voogt, J.; Knezek, G.; Christensen, R.; Lai, K.-W., Hrsg.): *International handbook of IT in primary and secondary education*. Springer, New York, S. 649–663, 2018.
- [IMY19] Ifenthaler, D.; Mah, D.-K.; Yau, J. Y.-K.: Utilising learning analytics for study success. Reflections on current empirical findings. In (Ifenthaler, D.; Mah, D.-K.; Yau, J. Y.-K., Hrsg.): *Utilizing learning analytics to support study success*. Springer, Cham, S. 27–36, 2019.
- [IS16] Ifenthaler, D.; Schumacher, C.: Student perceptions of privacy principles for learning analytics. *Educational Technology Research and Development* 64/5, S. 923–938, Aug. 2016.
- [IW14] Ifenthaler, D.; Widanapathirana, C.: Development and Validation of a Learning Analytics Framework: Two Case Studies Using Support Vector Machines. *Technology, Knowledge and Learning* 19/1–2, S. 221–240, Mai 2014.
- [IY20] Ifenthaler, D.; Yau, J. Y.-K.: Utilising learning analytics to support study success in higher education: a systematic review. *Educational Technology Research and Development* 68/4, S. 1961–1990, Juni 2020.

- [JKD19] Joksimović, S.; Kovanović, V.; Dawson, S.: The journey of learning analytics. *HERDSA Review of Higher Education* 6/, S. 37–63, Jan. 2019.
- [Ke19] Kerrigan, S.; Feng, S.; Vuthaluru, R.; Ifenthaler, D.; Gibson, D. C.: Network analytics of collaborative problem-solving, presented at the CELDA Conference, Cagliari, Italy, 7. Nov. 2019.
- [Ku02a] Kuper, H.: Entscheidungsstrukturen in Schulen. Eine differenzielle Analyse der Schulorganisation. *Zeitschrift für Pädagogik* 48/6, S. 856–878, 2002.
- [Ku02b] Kuper, H.: Stichwort: Qualität im Bildungssystem. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 5/1, S. 533–551, 2002.
- [LC17] Lodge, J. M.; Corrin, L.: What data and analytics can and do say about effective learning. *npj Science of Learning* 2/1, S. 5, 9. Feb. 2017.
- [LD93] Leithwood, K. A.; Duke, D. L.: Defining effective leadership for Connecticut's future schools. *Journal of Personnel Evaluation in Education* 6/4, S. 301–333, Apr. 1993.
- [LEE19] Leitner, P.; Ebner, M.; Ebner, M.: Learning analytics challenges to overcome in higher education institutions. In (Ifenthaler, D.; Yau, J. Y.-K.; Mah, D.-K., Hrsg.): *Utilizing learning analytics to support study success*. Springer, Champ, S. 91–104, 2019.
- [LHD13] Lockyer, L.; Heathcote, E.; Dawson, S.: Informing Pedagogical Action: Aligning learning analytics with learning design. *American Behavioral Scientist* 57/10, S. 1439–1459, März 2013.
- [LS11] Long, P. D.; Siemens, G.: Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review* 46/5, S. 31–40, 2011.
- [Ma16] Mah, D.-K.: Learning Analytics and Digital Badges: Potential Impact on Student Retention in Higher Education. *Technology, Knowledge and Learning* 21/3, S. 285–305, Juni 2016.
- [MC18] Mintrop, R.; Coghlan, E.: Datenbasiertes Schulleitungshandeln – Forschungsbefunde und praktische Erfahrungen aus einem datenaffinen Schulsystem. *DDS – Die Deutsche Schule* 110/1, S. 10–26, 2018.
- [Me05] Merki, K. M.: Schulentwicklung und Qualitätsmanagement im 21. Jahrhundert, Problemzusammenhang und Forschungsdesiderate. In (Merki, K. M.; Sandmeier, A.; Schuler, P.; Fend, H., Hrsg.): *Schule wohin? Schulentwicklung und Qualitätsmanagement im 21. Jahrhundert*. Forschungsbereich Schulqualität und Schulentwicklung, Zürich, S. 4–14, 2005.
- [NCB19] Nouira, A.; Cheniti-Belcadhi, L.; Braham, R.: An ontology-based framework of assessment analytics for massive learning. *Computer Applications in Engineering Education* 27/6, S. 1343–1360, Aug. 2019.
- [PE14] Papamitsiou, Z.; Economides, A.: Learning analytics and educational data mining in practice: a systematic literature review of empirical evidence. *Educational Technology and Society* 17/4, S. 49–64, 2014.

- [Pr16] Prieto, L. P.; Sharma, K.; Dillenbourg, P.; Jesús, M.: Teaching analytics: towards automatic extraction of orchestration graphs using wearable sensors, presented at the LAK 16 Proceedings of the Seventh International Learning Analytics and Knowledge Conference, Edinburgh, UK, 25. Apr. 2016.
- [Pr19] Prieto, L. P.; Rodríguez-Triana, M. J.; Martínez-Maldonado, R.; Dimitriadis, Y.; Gašević, D.: Orchestrating learning analytics (OrLA): Supporting interstakeholder communication about adoption of learning analytics at the classroom level. *Australasian Journal of Educational Technology* 35/4, S. 14–33, 24. Aug. 2019.
- [Qu86] Quinlan, J.: Induction of decision trees. *Machine Learning* 1/1, S. 81–106, 1986.
- [Ri16] Rienties, B.; Boroowa, A.; Cross, S.; Kubiak, C.; Mayles, K.; Murphy, S.: Analytics4Action evaluation framework: A review of evidence-based learning analytics interventions at the Open University UK. *Journal of Interactive Media in Education* 2/1, S. 1–11, 2016.
- [SF12] Shum, S. B.; Ferguson, R.: Social learning analytics. *Educational Technology and Society* 15/3, S. 3–26, 2012.
- [SHS18] Sønderlund, A. L.; Hughes, E.; Smith, J.: The efficacy of learning analytics interventions in higher education: A systematic review. *British Journal of Educational Technology* 50/5, S. 2594–2618, Nov. 2018.
- [Si13] da Silva, J. L.; Caeiro, F.; Natário, I.; Braumann, C. A.: *Advances in regression, survival analysis, extreme values, markov processes and other statistical applications*. Springer, Berlin, 2013.
- [SM18] Shum, S. B.; McKay, T. A.: Architecting for learning analytics. *Innovating for sustainable impact. EDUCAUSE Review* 53/2, S. 25–37, 2018.
- [SPM16] Sclater, N.; Peasgood, A.; Mullan, J.: *Learning analytics in higher education: A review of UK and international practice*, Bristol, 2016.
- [SS16] Sergis, S.; Sampson, D. G.: School analytics: a framework for supporting school complexity leadership. In (Spector, J. M.; Ifenthaler, D.; Sampson, D. G.; Isaias, P., Hrsg.): *Competencies in teaching, learning and educational leadership in the digital age*. Springer, S. 79–122, 2016.
- [SS17] Sergis, S.; Sampson, D. G.: Teaching and learning analytics to support teacher inquiry: a systematic literature review. In (Peña-Ayala, A., Hrsg.): *Learning analytics: fundamentals, applications, and trends*. Springer, S. 25–63, 2017.
- [SVI15] Suchithra, R.; Vaidhehi, V.; Iyer, N. E.: Survey of learning analytics based on purpose and techniques for improving student performance. *International Journal of Computer Applications* 111/1, S. 22–26, 2015.

- [Ts18] Tsai, Y.-S.; Moreno-Marcos, P. M.; Jivet, I.; Scheffel, M.; Tammets, K.; Kolom, K.; Gašević, D.: The SHEILA Framework: Informing Institutional Strategies and Policy Processes of Learning Analytics. *Journal of Learning Analytics* 5/3, S. 5–20, Nov. 2018.
- [Ve12] Verbert, K.; Manouselis, N.; Drachsler, H.; Duval, E.: Dataset-driven research to support learning and knowledge analytics. *Educational Technology and Society* 15/3, S. 133–148, 2012.
- [Ve13] Veenman, M. V. J.: Assessing metacognitive skills in computerized learning environments. In (Azevedo, R.; Aleven, V., Hrsg.): *International handbook of metacognition and learning technologies*. Springer, New York, S. 157–168, 2013.
- [WB18] Whitelock, D.; Bektik, D.: Progress and challenges for automated scoring and feedback systems for large-scale assessments. In (Voogt, J.; Knezek, G.; Christensen, R.; Lai, K.-W., Hrsg.): *International handbook of IT in primary and secondary education*. Springer, New York, S. 649–663, 2018.
- [WHH15] West, D.; Heath, D.; Huijser, H.: Let's Talk Learning Analytics: A Framework for Implementation in Relation to Student Retention. *Online Learning* 20/2, Dez. 2015.
- [WHH16] West, D.; Huijser, H.; Heath, D.: Putting an ethical lens on learning analytics. *Educational Technology Research and Development* 64/5, S. 903–922, Juli 2016.
- [WI18] Webb, M.; Ifenthaler, D.: Assessment as, for and of 21st Century learning using information technology: An overview. In (Voogt, J.; Knezek, G.; Christensen, R.; Lai, K.-W., Hrsg.): *International handbook of IT in primary and secondary education*. Springer, Champ, S. 1–20, 2018.

Wissenschaftliche Beiträge

Eine Synopse zum Informatikunterricht in Deutschland im Jahr 2020

Richard Schwarz,¹ Lutz Hellmig,² Steffen Friedrich³

Abstract: Dieser Beitrag führt die Tradition der vergleichenden Untersuchungen zur Situation des Informatikunterrichts in Deutschland fort. Zehn Jahre nach der letzten Synopse wurde auf Basis aktueller curricularer Vorgaben sowie schuladministrativer Dokumente die bildungspraktische Umsetzung informatischer Bildung bundesweit analysiert. Abgesichert durch Expertenbefragungen in den 16 Bundesländern entstand eine umfassende und vergleichbare Situationsbeschreibung der informatischen Bildung an allgemeinbildenden Schulen – von der Orientierungsstufe bis hin zur gymnasialen Oberstufe. Neben einer Vorstellung der Forschungsmethodik werden im Artikel – mit besonderem Augenmerk auf die Frage nach verbindlichem Informatikunterricht für alle Schüler*innen – die zentralen Befunde präsentiert und kritisch diskutiert.

Keywords: informatische Bildung, Sekundarstufe I, Abiturstufe, Pflichtfach Informatik, Allgemeinbildung

1 Einleitung

Die vergleichenden Untersuchungen zum Informatikunterricht in Deutschland aus den Jahren 2007 [We07] und 2010 [St10] läuteten eine kleine Tradition ein, die es nun fortzuführen gilt. Dieser Artikel geht der Frage nach, wie es aktuell um den Informatikunterricht in der Sekundarstufe an Deutschlands allgemeinbildenden Schulen steht.

Noch immer haben sich Angebote informatischer Bildung in der Sekundarstufe I nicht in der Breite durchgesetzt. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Durchdringung aller Lebensbereiche durch digitale Technologien zeichnet sich ein Problemhorizont mit gesamtgesellschaftlicher Bedeutung ab.

Mit dem Anliegen, den bildungspolitischen Diskurs zu befördern, werden im Rahmen dieses Artikels die zentralen Befunde zur Situation des Informatikunterrichts im Jahr 2020 vergleichend und zusammenfassend dargestellt. Zu Beginn erfolgt zunächst eine Kurzzvorstellung der zugrundeliegenden Forschungsfragen und der methodischen Vorgehensweise. Daran anschließend werden die bundesweit ermittelten Untersuchungsergebnisse dargestellt, bevor diese vergleichend ausgewertet und mit Blick auf ihren möglichen Geltungsanspruch

¹ Universität Rostock, richard.schwarz@posteo.de

² Universität Rostock, Institut für Informatik, A.-Einstein-Str. 22, 18051 Rostock, Deutschland, lutz.hellmig@uni-rostock.de

³ Technische Universität Dresden, ZLSB, steffen.friedrich@tu-dresden.de

diskutiert werden. Einen Schwerpunkt bildet dabei das Ziel einer für alle Schüler*innen verbindlichen Umsetzung eines eigenständigen Unterrichtsfachs.

2 Forschungsfragen und Untersuchungsmethode

Ziel dieser Untersuchung war die Erfassung struktureller Aspekte des Informatikunterrichts an allgemeinbildenden, weiterführenden Schulen anhand der folgenden Forschungsfragen:

- Welche curricularen Vorgaben in den jeweiligen Bundesländern weisen Inhalte mit Informatikbezug auf?
- Mit welcher Verbindlichkeit und in welchem Umfang wird Informatikunterricht in den einzelnen Bundesländern in der Sekundarstufe I umgesetzt?
- Welche Aussagen lassen sich über die Rolle der Schulinformatik in der gymnasialen Oberstufe und in den Abiturprüfungen formulieren?

Die Grundlage für eine empirische Untersuchung dieser Forschungsfragen stellten bildungsadministrative Dokumente in Textform dar, welche schulorganisatorische Rahmenbedingungen für den Informatikunterricht formulieren. Neben aktuell geltenden Lehrplänen und Curricula wurden Schulgesetze, Verordnungen über einzelne Schulformen, Schulstufen oder Bildungsgänge sowie Bestimmungen zur gymnasialen Oberstufe und zur Organisation der Abiturprüfungen berücksichtigt. Die Untersuchung hatte zum Ziel, entsprechende Textstellen zu identifizieren, welche sich explizit auf den Informatikunterricht beziehen oder – in einem erweiterten Kontext – eine implizite Bedeutungszuweisung erlauben. Zur Explikation struktureller Merkmale des Informatikunterrichts wurde eine Auswahl öffentlich zugänglicher Dokumente im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse in Anlehnung an Kuckartz [Ku18] und Mayring [Ma15] untersucht. Mit der Intention, „bestimmte Aspekte aus dem Material herauszufiltern (...) oder das Material aufgrund bestimmter Kriterien einzuschätzen“ [Ma15, S. 67], stellt die inhaltlich strukturierende Inhaltsanalyse eine Unterform einer solchen systematischen Textinterpretation dar.

2.1 Materialauswahl

Curriculare Vorgaben Pro Bundesland wurden curriculare Vorgaben, demnach Lehrpläne sowie Curricula sämtlicher Schulfächer des Sekundarbereichs, auf Inhalte mit Informatikbezug analysiert. Aufgrund des in Deutschland herrschenden Bildungsföderalismus obliegt es den Bundesländern, entsprechende Kerncurricula und Lehrpläne für die Schulfächer zu erarbeiten. Bei diesen handelt es sich um bildungsadministrative Dokumente, die mehr oder weniger verbindlich zu vermittelnde Inhalte und Kompetenzen beschreiben. Durch ihren für Lehrkräfte bindenden Charakter haben Lehrpläne einen großen Einfluss auf unterrichtliche Planungsprozesse. Wenngleich dieser empirisch bisher nicht belegt werden konnte, so erlauben Lehrpläne in gewissem Maße Rückschlüsse auf die Bildungspraxis [Vo99].

Sekundarbereich I Die von den Kultusministerien der Bundesländer erlassenen Verordnungen und veröffentlichten Stundentafeln des Sekundarbereichs I wurden dahingehend untersucht, ob und in welchem Rahmen Informatikunterricht stattfindet beziehungsweise entsprechende Angebote existieren. Bildungsbezogene Verordnungen regeln die jeweiligen schulorganisatorischen Rahmenbedingungen wie z. B. Aspekte der Unterrichtsgestaltung oder Leistungsbeurteilung [Be20]. Schularbezogene Stundentafeln, welche auch gesondert vorliegen können, weisen die Stundenkontingente in den einzelnen Jahrgangsstufen für ein konkretes Unterrichtsfach im Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlbereich aus.

Gymnasiale Oberstufe Prüfungsverordnungen sowie Bestimmungen zur gymnasialen Oberstufe und den Abiturprüfungen wurden gesichtet, um das Fach Informatik hinsichtlich entsprechender Belegungsverpflichtungen in der Einführungs- und Qualifikationsphase sowie prüfungsrechtlicher Festlegungen zu verorten. Es wird geregelt, wie der Unterricht organisiert ist, welche fachspezifischen Belegungsverpflichtungen existieren und welche Prüfungsfächer und -formate zulässig sind [Be21].

2.2 Kategoriensystem

Kuckartz [Ku18] stellt das Kategoriensystem in den Mittelpunkt einer jeden Inhaltsanalyse und fasst den Begriff *Kategorie* als Ergebnis einer Klassifizierung einzelner Analyseeinheiten auf, z. B. in Form textueller Aussagen in Dokumenten.

Zur Durchführung der Inhaltsanalyse wurde ein Kategoriensystem entwickelt, um den Informatikunterricht betreffende schulorganisatorische Aspekte herauszufiltern und zu aggregieren. Die Einteilung des Untersuchungsmaterials findet sich auch im Kategoriensystem wieder, da sich mit den verschiedenen Dokumenten unterschiedliche Fragestellungen beantworten lassen. Folgende Hauptkategorien wurden formuliert: *Curriculare Vorgaben*, *Sekundarbereich I* und *Gymnasiale Oberstufe*. Ausgehend von diesen Hauptkategorien wurden anhand zentraler Merkmale deduktiv Subkategorien wie *Organisationsform des Faches*, *Verbindlichkeit* oder *Prüfungsform* abgeleitet. Auf Basis einzelner Textauschnitte wurde das Kategoriensystem in einem weiteren Schritt induktiv um eine letzte Ebene erweitert, welche die Zuordnung konkreter Merkmalsausprägungen umfasst.

2.3 Ergebnisdarstellung, Verifikation und Auswertung

Zur Ergebnisdarstellung wurden für alle Bundesländer detaillierte Übersichten erstellt. Diese umfassen einleitende Kurzvorstellungen der ländereigenen Schulsysteme, welche sich als erforderlich für die Nachvollziehbarkeit und das Verständnis der Untersuchungsergebnisse erweisen. Die Darstellung, getrennt nach den drei Hauptkategorien, umfasst neben der verbalen Situationsbeschreibung auch eine grafische Umsetzung.

Im Anschluss an die Erstellung der Entwurfsfassungen wurde eine Verifikation der erhobenen Daten durch Ansprechpersonen in den jeweiligen Bundesländern vorgenommen. Die Kontaktaufnahme erfolgte zunächst per E-Mail, welche die länderspezifische Entwurfsfassung sowie konkrete Anschluss- und Verständnisfragen beinhaltete. Die zahlreichen Rückmeldungen in Form von inhaltlichen Anmerkungen sowie Interpretationshinweisen fanden in einem weiteren Iterationsschritt entsprechend Berücksichtigung. Somit konnte die Validität und Objektivität der Untersuchungsergebnisse deutlich gesteigert werden.

Mit dem Ziel einer hinreichenden Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die Situationsbeschreibungen der Bundesländer – mit Fokus auf verbindlichen Informatikunterricht – vergleichend ausgewertet. Maßgeblich waren die nachfolgenden Fragestellungen:

- Welche strukturellen Zusammenhänge im Hinblick auf die bildungspraktische Umsetzung von Informatikunterricht sind bundesweit identifizierbar?
- Inwiefern werden die von der Gesellschaft für Informatik e. V. [Ge00] in ihrem im Jahr 2000 veröffentlichten Gesamtkonzept zur informatischen Bildung formulierten Forderungen nach eigenständigem, verbindlichem Informatikunterricht für alle Schüler*innen erfüllt?

Die so entstandenen, bundesweiten Gesamtübersichten stellen die Untersuchungsergebnisse in stark kondensierter Form dar und beinhalten die Formulierung zentraler Kernaussagen über die Situation des Informatikunterrichts im Jahr 2020 in Deutschland sowie umfangreiche tabellarische Darstellungen.

3 Ergebnisse

Für eine Darstellung der bundesweiten Situation des Informatikunterrichts wurden auf Basis der ausführlichen Länderergebnisse zentrale Kernaussagen formuliert. Die detaillierten Ergebnisse und Darstellungen zu den einzelnen Bundesländern können bei Bedarf eingesehen werden, siehe Schwarz [Sc20].

3.1 Curriculare Vorgaben

Informatische Inhalte können in einem eigenständigen Fach, im Rahmen eines interdisziplinären Fachs oder in Form fächerübergreifenden Unterrichts vermittelt werden. Die Analyse curricularer Dokumente führte zu folgenden Kernaussagen:

- In 14 Bundesländern liegt in der Sekundarstufe I ein curriculares Konzept für mindestens eine Jahrgangsstufe einer Schulart vor, welches Inhalte mit explizitem

Informatikbezug benennt. Dabei gibt es bei der Anzahl curricularer Dokumente und im Hinblick auf die benannten Schularten und Jahrgangsstufen große Unterschiede sowohl zwischen als auch innerhalb der Bundesländer. Lediglich in Bremen und Hessen sind keine entsprechenden Konzepte öffentlich zugänglich.

- Curriculare Bestimmungen für die gymnasiale Oberstufe liegen in allen Bundesländern vor. In Baden-Württemberg handelt es sich dabei um einen Schulversuch. Mehrheitlich existieren curriculare Dokumente für eigenständigen Informatikunterricht.
- In allen Bundesländern liegt mindestens ein Lehrplan oder Curriculum für fachlich eigenständigen Informatikunterricht vor. Dies trifft sowohl auf den Sekundarbereich I, Bremen und Hessen ausgenommen, als auch auf die gymnasiale Oberstufe zu.
- Die Bezeichnungen für Fächer, in denen Unterrichtsinhalte mit Informatikbezug umgesetzt werden, weisen eine große Bandbreite auf (z. B. Angewandte Informatik, Informatik und Medienbildung, Informationstechnologie, Technik/Computer, Natur und Technik, Wirtschaftsinformatik oder IMP – Informatik, Mathematik, Physik).

3.2 Informatikunterricht im Sekundarbereich I

Zum Informatikunterricht in Deutschland ergibt sich für den Sekundarbereich I kein einheitliches Bild. Es gibt deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Verbindlichkeit, Jahrgangsstufe und Schulart sowie die Organisationsform des Fachs. Informatikunterricht kann zwar im Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlbereich angesiedelt sein aber auch gar nicht umgesetzt werden. Entsprechende Angebote können ausschließlich einzelne Schularten oder gymnasiale Zweige beziehungsweise Schwerpunkte betreffen. Dabei kann Informatikunterricht in einer, mehreren oder allen Jahrgangsstufen stattfinden.

Für den Sekundarbereich I lassen sich folgende Kernaussagen formulieren:

- In zwei Bundesländern – in Bremen und Hessen – existieren keinerlei Angebote für informatische Bildung im Sekundarbereich I.
- In neun Bundesländern wird Informatik lediglich im Wahlpflicht- oder Wahlbereich angeboten.
- Lediglich in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland und Sachsen gibt es eigenständigen und verbindlichen Informatikunterricht im Sekundarbereich I. Hier sind zum Teil enorme Unterschiede in der Breite des Angebots bezogen auf die Jahrgänge und betroffenen Schulformen auszumachen (siehe Abb. 1).
- Mecklenburg-Vorpommern ist seit 2019 das einzige Bundesland, in dem verbindlicher Informatikunterricht für alle Schüler*innen durchgängig in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 stattfindet.

Bez.	Schulart	Jahrgangsstufen					
		5	6	7	8	9	10
BW	Hauptschule/Werkrealschule	–	–	●	–	–	–
	Realschule	–	–	●	–	–	–
	Gemeinschaftsschule	–	–	●	–	–	–
	Gymnasium	–	–	●	–	–	–
BY	Mittelschule	●	–	●	–	–	–
	Realschule	[		●●●●●●		]	–
	Gymnasium	–	–	–	–	–	–
	Gymnasium _{naturwiss.-technol.}	–	–	–	–	●●	●●
MV	Regionale Schule	●	●	●	●	●	●
	Gesamtschule	●	●	●	●	●	●
	Gymnasium	●	●	●	●	●	●
SL	Gemeinschaftsschule	–	–	–	–	–	–
	Gymnasium	–	–	–	–	–	–
	Gymnasium _{Informatikzweig}	–	–	–	●●●●●	●●●●●	●●●
	Gymnasium _{MINT-Zweig}	–	–	–	●●	●●	–
SN	Oberschule	–	–	●	●	●	●
	Gymnasium	–	–	●	●	●	●
In allen anderen Bundesländern findet kein verbindlicher, eigenständiger Informatikunterricht statt.							

BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, MV = Mecklenburg-Vorpommern, SL = Saarland, SN = Sachsen

● Informatikunterricht (Anzahl entspricht Stundenumfang, Gesamtkontingente in eckigen Klammern)

Abb. 1: Verbindlicher, eigenständiger Informatikunterricht im Sekundarbereich I
(Quelle: Eigene Darstellung)

3.3 Informatikunterricht in der gymnasialen Oberstufe

Im Verständnis einer vertieften Allgemeinbildung gehört das Fach Informatik an die gymnasiale Oberstufe allgemeinbildender Schulen. Informatik auf grundlegendem Anforderungsniveau kann in allen Bundesländern belegt und als Prüfungsfach gewählt werden. In der Regel ist Informatik auf erhöhtem Anforderungsniveau wählbar. Im Rahmen einiger länderspezifischer Regelungen ist Informatik hinsichtlich der Belegungsverpflichtungen in der Qualifikationsphase sowie als Abiturprüfungsfach praktisch den naturwissenschaftlichen Fächern gleichgestellt. Siehe dazu Abb. 2.

	Belegung				Abiturprüfungen	
	E	Q _{gA}	Q _{eA}	Gleichst.	Formen	Gleichst.
Baden-Württemberg	●	○○	–	nein	– / M / –	nein
Bayern	●●	●●	–	nein	S / M / –	ja
Berlin	●●	●●●	●●●●●	nein	S / M / A	ja
Brandenburg	●●	●●●	●●●●●	nein	S / M / A	nein
Bremen	●●	●●	●●●●●	nein	S / M / –	nein
Hamburg	●●	●●	●●●●	nein	S / M / A	ja
Hessen	●●	●●	●●●●●	nein	S / M / A	ja
Mecklenburg-Vorpommern	●	●●●	●●●●●	nein	S / M / A	ja
Niedersachsen	●●	●●●	●●●●●	ja	S / M / A	ja
Nordrhein-Westfalen	●●●	●●●	●●●●●	nein	S / M / –	nein
Rheinland-Pfalz	●●	●●●	●●●●●	nein	S / M / A	ja
Saarland	●●	●●	●●●●●	nein	S / M / –	ja
Sachsen	●	●●	–	ja	– / M / A	nein
Saarland	●●●	●●	●●●●●	nein	– / M / –	nein
Schleswig-Holstein	●●●	●●●	–	nein	S / M / A	ja
Thüringen	●●	●●●	●●●●●	ja	S / M / –	ja

Verbindlichkeit: ● Pflichtbereich, ● Wahlpflichtbereich, ○ Wahlbereich, – nicht gegeben (Anzahl entspricht Stundenumfang);

Prüfungsformen: S = schriftlich, M = mündlich, A = andere, – nicht gegeben;

E = Einführungsphase, Q = Qualifikationsphase, gA = grundlegendes Anforderungsniveau, eA = erhöhtes Anforderungsniveau

Abb. 2: Informatikunterricht in der gymnasialen Oberstufe (Quelle: Eigene Darstellung)

Bezüglich des Fachs Informatik in der gymnasialen Oberstufe gilt:

- In 13 Bundesländern existieren in der Einführungsphase Angebote für Informatikunterricht im Wahlpflichtbereich, wobei der Umfang zwischen einer Wochenstunde und drei Wochenstunden variiert.
- In drei Bundesländern gibt es in der Einführungsphase verbindlichen Informatikunterricht: Bayern (zwei Wochenstunden), Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen (je eine Wochenstunde).
- In allen Bundesländern kann Informatik in der Qualifikationsphase auf grundlegendem Anforderungsniveau im Umfang von zwei oder drei Wochenstunden im Wahlpflichtbereich belegt werden. Baden-Württemberg bildet die Ausnahme, da lediglich eine zusätzliche Belegung im Umfang von zwei Wochenstunden möglich ist.
- In zwölf Bundesländern kann Informatik in der Qualifikationsphase auf erhöhtem Anforderungsniveau im Umfang von vier bis fünf Wochenstunden angeboten und belegt werden. In Bayern, Baden-Württemberg, Sachsen und Sachsen-Anhalt existiert diese Möglichkeit nicht.

- In Niedersachsen, Sachsen und Thüringen wird Informatik bezüglich der Belegungsverpflichtungen in der Qualifikationsphase gegenüber den naturwissenschaftlichen Fächern gestärkt, da es im Rahmen länderspezifischer Bestimmungen explizit ein naturwissenschaftliches Fach ersetzen kann.

Für die Abiturprüfungen lässt sich zusammenfassen:

- In allen Bundesländern kann im Fach Informatik eine mündliche Abiturprüfung auf grundlegendem Anforderungsniveau abgelegt werden.
- Schriftliche Abiturprüfungen auf grundlegendem Niveau sind in neun Bundesländern, auf erhöhtem Niveau in zwölf Bundesländern möglich.
- Andere Prüfungsleistungen wie z. B. Präsentationsprüfungen oder besondere Lernleistungen können in den Bundesländern Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Schleswig-Holstein abgelegt werden.

4 Diskussion

Aufgrund der fehlenden Verbindlichkeit zur Teilnahme sowie schuleigener Entscheidungsfreiheiten sind die Ergebnisse über den Wahlpflicht- und Wahlbereich nur bedingt geeignet, um daraus Rückschlüsse auf die tatsächliche Bildungspraxis zu ziehen. In dem der Untersuchung zugrunde gelegten Best-Case-Szenario wird angenommen, dass Wahlpflicht- und Wahlunterricht, so in der Stundentafel ausgewiesen, auch flächendeckend angeboten wird. Dies ist aufgrund verschiedener Faktoren wie dem Mangel an Fachlehrkräften oder einer fehlenden räumlichen sowie technischen Ausstattung nicht garantiert. Es ist davon auszugehen, dass nur eine Minderheit der Schulen entsprechende Angebote einrichtet. Da in diesem Fall die Teilnahme durch die Schüler*innen nicht verbindlich ist und auch keine entsprechende statistische Erfassung erfolgt, ist die Situation einer objektiven Beurteilung nicht zugänglich.

Für den Pflichtbereich kann hinsichtlich der Wochenstunden relativ konkret zugeordnet werden, welche Kontingente in einer bestimmten Jahrgangsstufe einer Schulart Anwendung finden. Für den Wahlpflichtbereich sind hingegen in vielen Bundesländern Gesamtstundenkontingente in den Stundentafeln ausgewiesen, die sich auf mehrere Jahrgangsstufen beziehen und diverse Fächer abdecken können. Für Informatikunterricht werden etwaige Stundenkontingente ganz oder anteilig verwendet und sind durch die Einzelschule relativ frei auf die jeweiligen Jahrgangsstufen aufteilbar, was eine exakte Zuordnung erschwert.

Weitere Unschärfen sind für die Curricula und Lehrpläne aufzuführen. Bei einer fachlichen Eigenständigkeit weisen sämtliche Inhalte explizit oder implizit einen Informatikbezug auf. Es kann angenommen werden, dass entsprechende Unterrichtsinhalte weitestgehend durch

ausgebildete Informatiklehrkräfte im Unterricht umgesetzt werden. Wird Informatik als Teil eines interdisziplinären Fachs wie *Natur/Technik* unterrichtet, ist die fachverantwortliche Lehrkraft entweder informatisch ausgebildet oder unterrichtet fachfremd. In letzterem Fall ist sehr wahrscheinlich, dass informatische Inhalte kaum oder gar keine Berücksichtigung finden. Eine Zuordnung anteiliger Inhalte mit Informatikbezug ist kaum möglich, da die Textanteile im Lehrplan oder die Ausweisung von Zeitanteilen je nach Lehrkraft unterschiedlich umgesetzt werden können. Analog gilt dies für fächerübergreifenden Informatikunterricht, welcher sich zumeist auf Aspekte der Mediennutzung und -bildung beschränkt.

Für die gymnasiale Oberstufe sind die Angaben konkreter formuliert. Informatik wird in den Verordnungen und Bestimmungen durchgehend als eigenständiges Fach aufgeführt. Für den Stundenumfang in der Qualifikationsphase gibt es verbindliche Vorgaben durch die Kultusministerkonferenz. Dort ist das Fach bis auf eine Ausnahme im Wahlpflichtbereich vorzufinden. Dennoch existieren an vielen Schulen keine Angebote für das Fach Informatik. Dem Mangel an Fachlehrkräften kommt dabei eine zusätzliche Bedeutung zu: In der gymnasialen Oberstufe kann Informatik ausschließlich angeboten werden, wenn Lehrkräfte mit voller Lehrbefähigung zur Verfügung stehen. Hat darüber hinaus im Sekundarbereich I kein Informatikunterricht stattgefunden, so kann von einer geringeren Teilnahmequote ausgegangen werden: Zum einen konnte sich kein Interesse für informatische Inhalte entwickeln, zum anderen haben im Gegenzug andere Fachgebiete mehr Beachtung gefunden.

5 Fazit

Mit Blick auf das Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemeinbildenden Schulen zeichnet sich ein ernüchterndes Bild. Zwar sind positive Entwicklungen in einzelnen Bundesländern zu beobachten, jedoch hat sich ein verbindlicher, eigenständiger Informatikunterricht gegenwärtig noch nicht flächendeckend etabliert. In einigen Bundesländern wie Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen wurde seit dem Jahr 2010 verbindlicher Informatikunterricht eingeführt oder ausgebaut. Bei den Schlusslichtern Bremen und Hessen existieren nach wie vor keine Angebote für Informatikunterricht. Die Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe ist positiv zu bewerten, da das Fach Informatik bundesweit Einzug gefunden hat. In einigen Bundesländern zeichnen sich weitere aussichtsreiche Tendenzen ab, z. B. in Sachsen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Zudem gibt es seitens der Gesellschaft für Informatik e. V. [Ge19] fortwährende Bestrebungen, um die informatische Bildung im Primarbereich auszubauen. Sie werden jedoch in dieser Untersuchung nicht betrachtet.

Vor dem Hintergrund gegenwärtiger und zukünftiger Herausforderungen in einer zunehmend durch Digitalisierung geprägten Welt ist die aktuelle Situation im Hinblick auf die schulorganisatorische Umsetzung eines flächendeckenden, verbindlichen Informatikunterrichts im Sekundarbereich I als problematisch zu bezeichnen. Es droht eine *digitale Spaltung* der Gesellschaft, weil ein Großteil der Heranwachsenden ohne informatische

Bildung im Sinne einer zeitgemäßen Allgemeinbildung ins Ausbildungs- und Berufsleben entlassen wird. Zentrale Zielkategorien allgemeinbildender Schulen wie Mündigkeit, Selbstbestimmungsfähigkeit und gesellschaftliche Teilhabe werden dadurch torpediert.

Literatur

- [Be20] Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) [Berlin]. Vom 18. April 2007 (GVBl. 2007, 156), letzte Änderung vom 01.09.2020 (GVBl. S. 683), URL: <https://gesetze.berlin.de/perma?d=jlr-Gym0stVBE2007rahmen>, Stand: 09.07.2021.
- [Be21] Verordnung über die Schularten und Bildungsgänge der Sekundarstufe I (Sek I-VO) [Berlin]. Vom 31. März 2010 (GVBl. 2010, 175), letzte Änderung vom 25.01.2021 (GVBl. S. 64), URL: <https://gesetze.berlin.de/perma?d=jlr-SekIVBE2010rahmen>, Stand: 09.07.2021.
- [Ge00] Gesellschaft für Informatik e. V.: Empfehlungen für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen, 2000, URL: https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/Empfehlungen/gesamtkonzept_26_9_2000.pdf, Stand: 09.07.2021.
- [Ge19] Gesellschaft für Informatik e. V.: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich, 2019, URL: https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informatische_Bildung_Primarbereich.pdf?sequence=1%5C&isAllowed=y, Stand: 09.07.2021.
- [Ku18] Kuckartz, U.: Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Beltz Juventa, Weinheim und Basel, 2018.
- [Ma15] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Beltz, Weinheim, 2015.
- [Sc20] Schwarz, R.: Informatikunterricht in den Bundesländern Deutschlands im Jahr 2020, 2020, URL: https://pdi.informatik.uni-rostock.de/storages/uni-rostock/Alle_IEF/Inf_PI/files/2020-11-04_Synopse_Laenderbeschreibungen.pdf, Stand: 09.07.2021.
- [St10] Starruß, I.: Synopse zum Informatikunterricht in Deutschland: Analyse der informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen auf der Basis der im Jahr 2010 gültigen Lehrpläne und Richtlinien. Bakkalaureatsarbeit, Technische Universität Dresden, Dresden, 2010.
- [Vo99] Vollstädt, W.; Tillmann, K.-J.; Rauin, U.; Höhmann, K.; Tebrügge, A.: Lehrpläne im Schulalltag: Eine empirische Studie zur Akzeptanz und Wirkung von Lehrplänen in der Sekundarstufe I. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 1999.
- [We07] Weeger, M.: Synopse zum Informatikunterricht in Deutschland. Bakkalaureatsarbeit, Technische Universität Dresden, Dresden, 2007.

Datenbewusstsein: Aufmerksamkeit für die eigenen Daten

Lukas Höper,¹ Carsten Schulte¹

Abstract: Die aktuellen Diskurse über künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen, Big Data und Data Science zeigen die zunehmende Bedeutung von Daten in der digitalen Gesellschaft. Informatiksysteme, die Technologien der künstlichen Intelligenz oder spezieller des maschinellen Lernens verwenden, sammeln und verarbeiten in der Regel ständig Daten ihrer Nutzer*innen. Das fehlende Bewusstsein für die Sammlung und Verarbeitung der eigenen, in der Regel personenbezogenen, Daten bedeutet ein fehlendes Verständnis von diesen genutzten Informatiksystemen. Ein bewusster und kompetenter Umgang mit datengetriebenen Informatiksystemen wird somit Grundlage jeder informationellen Selbstbestimmung und ist damit Voraussetzung für eine selbstbestimmte Teilhabe an der digitalen Gesellschaft. Unser Beitrag stellt zu diesem Zwecke das Konzept Datenbewusstsein vor, womit wir auf neuartige Weise verschiedene Inhalte und Kompetenzen zu einem Gesamtkonzept verbinden.

Keywords: Data Science; Maschinelles Lernen; Allgemeinbildung; Datenbewusstsein; Datengetriebene Informatiksysteme

1 Einleitung

In diesem Artikel stellen wir das neue Konzept *Datenbewusstsein* vor. Damit reagieren wir auf die gestiegene Bedeutung datengetriebener Anwendungen und Ausdifferenzierungen der Informatik, wie sie etwa im Bereich Data Science, Big Data und datengetriebenem Lernen sowie in verschiedenen Anwendungsfeldern, wie z.B. Datenjournalismus, Open Data oder Data Society anklängen. Beim Nutzen der meisten Informatiksysteme werden immer häufiger und in immer größerem Umfang Daten gesammelt. Ständig und überall hinterlassen wir bewusst oder unbewusst Daten. Heutzutage finden sich im Alltag nahezu überall Informatiksysteme, die Daten der Nutzer*innen sammeln und verarbeiten. Mit dem Konzept *Datenbewusstsein* schlagen wir einen Ansatz vor, wie Lernende für die Sammlung und Verarbeitung der eigenen, in der Regel personenbezogenen, Daten aufmerksam gemacht werden können, um bei ihnen ein Bewusstsein für die Prozesse der Sammlung und Verarbeitung ihrer Daten zu erzeugen. Ein solches Datenbewusstsein ist Voraussetzung für einen bewussten und kompetenten Umgang mit datengetriebenen Informatiksystemen und somit einer selbstbestimmten Teilhabe an der digitalen Gesellschaft. Im Sinne der informationellen Selbstbestimmung hat Datenbewusstsein demnach das Potenzial, ein allgemeinbildendes Ziel des Informatikunterrichts zu sein. Die hinter Datenbewusstsein stehenden Ideen sind einzeln betrachtet nicht gänzlich unbekannt oder neu. Innovativ

¹ Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, D-33102 Paderborn, {lukas.hoeper,carsten.schulte}@upb.de

hingegen ist ihre Kombination. Das Konzept greift verschiedene Ansätze auf, die wir im folgenden Abschnitt ‚Stand der Forschung‘ einführen. Anschließend werden datengetriebene Informatiksysteme und die Interaktion der Nutzer*innen mit diesen Systemen beleuchtet. Schließlich wird in diesem Kontext das Reflektieren sowohl auf einer individuellen als auch auf einer gesellschaftlichen Ebene beschrieben, um daraus das Konzept und einen konkreten Rahmen für die Umsetzung in der informatischen Allgemeinbildung, das heißt insbesondere im schulischen Informatikunterricht, zu entwickeln.

2 Stand der Forschung und verwandte Ansätze

Bei der Nutzung nahezu aller datengetriebenen Informatiksysteme werden auch Daten von Nutzer*innen erhoben. Anbietende solcher datengetriebener Informatiksysteme tracken ständig ihre Nutzer*innen, um ein Profiling durchzuführen und um schließlich wirtschaftliche Gewinne zu erzielen [Zu18]. Dabei werden Erfahrungen der Nutzer*innen als kostenloser Rohstoff für kommerzielle Zwecke genutzt, wie etwa für Vorhersagen des zukünftigen Verhaltens der Nutzer*innen. Zuvor wurden Daten gesammelt, um Dienste anbieten zu können, nun aber werden die Dienste angeboten, um gerade diesen *Verhaltensüberschuss* [Zu18, S. 22] abgreifen zu können. Nach [Zu18] entsteht dadurch insgesamt eine neue Form des Kapitalismus: Der *Überwachungskapitalismus*. Die sozialen und gesellschaftlichen Implikationen solcher Systeme sind immens und betreffen nicht nur das Wirtschaftssystem [Ra19]. Insgesamt lässt sich die Entwicklung als eine Datafizierung der Gesellschaft beschreiben [Ma17]. Brisant wird der angestoßene Wandel insbesondere auch dadurch, dass die Systeme nur schwer zu durchschauen, gleichsam undurchsichtig sind [Bu16], die Umwälzungen viele Bereiche des Lebens und der Gesellschaft betreffen, und zu ihrer Bewältigung daher auch neue gesellschaftliche Regulierungen gefunden werden müssen, die nicht allein durch die Technik oder die IT-Industrie festgelegt werden [Ma17; SS18]. Aus Sicht der Informatik als Disziplin bedeutet das möglicherweise nicht nur eine neue Herangehensweise, sondern die Notwendigkeit für eine eigene Disziplin mit eigenen Fragen und methodischen Zugängen, etwa um das Verhalten der ‚intelligenten Maschinen‘ auf verschiedenen Ebenen zu erforschen [Ra19].

Bildungsansätze als Reaktionen Als Reaktion auf die genannten Entwicklungen sind verschiedene Bildungsansätze entwickelt worden, etwa Data Literacy, Statistical Literacy oder AI Literacy. Mit Data Literacy wird nach [Ri15] die Fähigkeit beschrieben, „Daten auf kritische Art und Weise zu sammeln, zu managen, zu bewerten und anzuwenden“ [Ri15]². Statistical Literacy fokussiert sich auf statistische Fragestellungen [Ga02]. AI Literacy bezieht sich wiederum auf eine breite Kompetenzsammlung, unter anderem zum Evaluieren von Technologien der künstlichen Intelligenz und Nutzen dieser als Tool [LM20]. Stärker auf den allgemeinbildenden Informatikunterricht bezogen ist das Konzept Data Agency nach

² Übersetzung von: <https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/dossiers/data-literacy>, zuletzt aufgerufen am 09.07.2021

Tedre et al., welches als Weiterentwicklung von Data Literacy beschrieben wird [Te20]. Sie beschreiben Data Agency als: „people’s volition, skills, attitudes, and capacity for informed actions that make a difference in their digital world“ [Te20]. Damit zielen die Autor*innen auf eine informierte Handlungsfähigkeit im Sinne eines selbstbestimmten Handelns in der digitalen Welt ab. In den verschiedenen Ansätzen werden unterschiedliche Aspekte des Umgangs mit Daten betrachtet, doch ein Fokus auf die Sammlung und Verarbeitung der eigenen Daten während dem Nutzen von datengetriebenen Informatiksystemen fehlt allerdings bisher.

Datensammlung im Rahmen der informationellen Selbstbestimmung Aus dem Datenschutzrecht entstammt das Konzept der informationellen Selbstbestimmung, die dem Menschen ermöglichen soll, frei über das Hinterlassen bzw. Sammeln-Lassen ihrer personenbezogenen Daten und deren Verarbeitung bestimmen zu können.³ Es stellt sich die Frage, wie diese aussehen kann, wenn den Nutzer*innen verborgen bleibt, was mit ihren Daten geschieht, sofern sie überhaupt wissen, dass ihre Daten gesammelt werden. Den Nutzer*innen müsste also bewusst sein, dass Daten gesammelt und wie und wozu sie verarbeitet werden. Zwischen dem bewussten Hinterlassen von Daten und dem womöglich nicht offensichtlichen und damit der Nutzerin und dem Nutzer nicht bewussten Sammeln der Daten seitens datengetriebener Informatiksysteme sollte unterschieden werden; etwa nach der Kategorisierung der OECD, die folgende Arten von Daten unterscheidet: (a) *provided data* als Daten, die bewusst und aktiv durch die Nutzer*innen erstellt werden; (b) *observed data* als Beobachtungs- und Metadaten, deren Erhebung dem Einzelnen nicht bewusst sein muss; (c) *derived data* als Daten, die aus anderen bestehenden Daten generiert wurden; (d) *inferred data* als Daten, die durch wahrscheinlichkeitsbasierte analytische Prozesse generiert werden, wie etwa Vorhersagewerte für das Verhalten des Nutzenden [OE14] (ähnlich: [PS19]). Im Sinne der informationellen Selbstbestimmung reicht es also nicht aus, nur zu wissen, *dass* Daten gesammelt werden. Für einen kompetenten Umgang mit datengetriebenen Informatiksystemen muss den Nutzer*innen vielmehr auch bewusst gemacht werden, wie und wozu ihre Daten verwendet und verarbeitet werden. Eine Untersuchung von [PS19] zeigt, dass sich Schüler*innen zwar bewusst sind, dass sie Systeme nutzen, welche etwa Methoden des maschinellen Lernens verwenden; es fehlt jedoch das Verständnis, wo, wie und wozu Daten über sie gesammelt und verarbeitet werden, jedoch fehlt (vgl. auch [Te20]). Um ein solches Verstehen zu entwickeln, ist jedoch auch eine Verschiebung bei der Thematisierung der Systeme mit Fokus auf Algorithmen und Datenstrukturen hin zur Sammlung, Verarbeitung und Organisation von Daten nötig [SFN18]. Dieser Schritt sollte dazu führen, dass die Schüler*innen datengetriebene Informatiksysteme verstehen können.

³ vgl. <https://www.bfdi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Flyer/Datenschutz-ist.html>, zuletzt aufgerufen am 09.07.2021

3 Das Konzept Datenbewusstsein

In diesem Abschnitt stellen wir schrittweise einzelne Facetten des Konzepts *Datenbewusstsein* vor, um dieses Konzept anschließend samt einem konkreten Rahmen für die Umsetzung in der informatischen Allgemeinbildung zu erläutern.

Datengetriebene Informatiksysteme und datengetriebene digitale Artefakte (ddA)

Viele Informatiksysteme setzen Verfahren des maschinellen Lernens oder allgemeiner der künstlichen Intelligenz ein, um die gesammelten Daten (Big Data) zu verarbeiten. Ein solches Informatiksystem nennen wir datengetrieben. Die Nutzer*innen nutzen in einer konkreten Situation nur einen Teil des Informatiksystems, den wir als digitales Artefakt bezeichnen, wie etwa der News Feed auf einer Social Media Plattform. Da die Nutzer*innen in der Regel ein konkretes digitales Artefakt nutzen und nicht das gesamte datengetriebene Informatiksystem, werden wir uns im Folgenden primär auf *datengetriebene digitale Artefakte (ddA)* beziehen, wobei diese immer als Teil eines Informatiksystems zu verstehen sind. Für viele Anbietende eines ddA sind oft vor allem personenbezogene Daten interessant, um etwa Informationen über die Person zu gewinnen und deren zukünftiges Verhalten vorherzusagen. Die Nutzer*innen können diese beim Nutzen eines ddA bewusst hinterlassen, etwa die E-Mail Adresse beim Erstellen eines Accounts auf einer Plattform. Darüber hinaus werden jedoch während der Nutzung Daten gesammelt, worüber sich die Nutzer*innen nicht unbedingt bewusst sein müssen, da sie für die mit dem Artefakt durchgeführte Handlung selbst nicht primär relevant sind. Ein gutes Beispiel hierfür sind Suchmaschinen, bei denen nicht nur die von der Nutzerin oder dem Nutzer bewusst eingegebenen Suchbegriffe sondern auch jeder Klick auf ein Suchergebnis abgespeichert wird. Damit ein selbstbestimmter Umgang mit einem ddA auch mit Daten, die während der Nutzung erhoben (observed data) oder durch eine Verarbeitung erzeugt werden (derived und inferred data), möglich ist, muss diesbezüglich eine Aufmerksamkeit für und ein adäquates Verständnis des ddAs im Nutzungskontext gesorgt werden; ein solches fehlt jedoch zumeist [PS19].

Interaktion zwischen Nutzer*innen und datengetriebenen digitalen Artefakten

Damit die ddA im Sinne eines Datenbewusstseins verstanden werden können, sollten sie nicht nur rein objektiv und kontextfrei in ihrer technischen Beschaffenheit beschrieben werden, sondern vielmehr im jeweiligen Nutzungs- bzw. Interaktionskontext betrachtet werden. Eine Interaktion kann als eine Kette von Eingaben, Verarbeitungen und Ausgaben verstanden werden [SB18]. Die Nutzerin oder der Nutzer tätigt eine Eingabe, wie etwa das Anklicken oder Bewerten eines Produktes. Die Eingabe kann dann auf zweierlei Weise interpretiert werden: 1) Die Eingabe ist eine Aufforderung an das ddA etwas zu tun und 2) durch die Eingabe werden bewusst oder unbewusst Daten hinterlassen. Sowohl die Aufforderung als auch die Daten werden zur Erzeugung einer Ausgabe verarbeitet. So können etwa Vorhersagen für Interessen der Nutzer*innen ermittelt und damit personalisierte Ausgaben erzeugt werden. Dem folgt eine weitere Eingabe seitens der Nutzerin oder des Nutzers,

was dem typischen Charakter einer Interaktion entspricht. Die Daten werden also während einer Interaktion zwischen einer Nutzerin oder einem Nutzer mit einem ddA erhoben bzw. entstehen durch und in der Interaktion. Die Lernenden kennen Interaktionen dieser Art bereits aus ihrem Alltag und haben dazu eigene Erfahrungen gesammelt. Sie sollten diese Interaktionen und die möglicherweise stattfindende, implizite Datensammlung durch das ddA verstehen und dafür aufmerksam werden, weshalb der Interaktion in diesem Ansatz eine wichtige Rolle zukommt. Für das Konzept Datenbewusstsein ist nun folgender Aspekt der Interaktion besonders wichtig: Bei diesen Interaktionen entsteht eine Wechselwirkung oder auch gegenseitige Beeinflussung [SB18]. Einerseits können Nutzer*innen zum Beispiel durch personalisierte Werbung etwa im Sinne des Verleitens zum Anklicken oder Kaufen eines Produktes manipuliert werden. Andererseits wird ihr Verhalten protokolliert und ausgewertet und kann so zu einem angepassten Vorschlag für nachfolgende Interaktionen (u.a. auch durch andere Nutzer*innen) führen. Das heißt, Interaktionen und die dabei anfallenden Daten können einerseits die Nutzer*innen, andererseits das System beeinflussen. Diese wechselseitigen Beeinflussungsmöglichkeiten finden sich in vielen Anwendungsfeldern, wie beispielsweise den von [Ra19] genannten, von denen wir nur das folgende benennen werden: Filterblasen, die die Nutzer*innen in Folge dieser Wechselwirkungen ausprägen und durch diese beeinflusst werden. Die Nutzer*innen können ebenfalls durch bewusste Handlungen – wie etwa das absichtliche Hinterlassen oder das Verhindern der Sammlung von Daten – versuchen, das ddA zu manipulieren.

Duales Verständnis datengetriebener digitaler Artefakte Die Interaktionen zwischen einer Nutzerin oder einem Nutzer und einem ddA samt der diesbezüglich bestehenden Wechselwirkung sollte aus der Perspektive einer individuellen und einer gesellschaftlichen Betrachtungsebene thematisiert werden. Zum einen sollten aus der technischen bzw. architekturbezogenen Perspektive die Mechanismen und Verfahren der Verarbeitung der Daten zumindest ansatzweise begreifbar werden – diese nennen wir analytische Perspektive der Architektur. Das Verstehen der Architektur ist eine Voraussetzung, um zum anderen über die Bedeutsamkeit und die Auswirkungen dieser Prozesse zu sprechen, was zum Verstehen und insbesondere Reflektieren dieser Interaktionen und Wechselwirkungen ebenfalls nötig ist – diese nennen wir interpretierende Perspektive der Relevanz (vgl. [SB18]). Damit die Lernenden ein ddA gänzlich begreifen können, müssen beide Perspektiven eingenommen werden. Die Relevanz eines ddA lässt sich ohne die Architektur nicht begründen und die Architektur kann wiederum ohne die Relevanz nicht verstanden werden, da etwa Aspekte wie die Fairness eines datengetriebenen Informatiksystems allein aus der Architektur schwer zu verstehen sind. Die Architektur sollte zum Erreichen eines Verständnisses von ddA also nicht losgelöst vom Bereich *Informatik, Mensch und Gesellschaft* betrachtet werden.

Datenmodelle: Digitale Doppelgänger Es stellt sich nun die Frage, was es bedeutet, dass Daten verarbeitet werden. Es werden Datenmodelle erzeugt, die sowohl die Daten der Nutzerin bzw. des Nutzers in dem Interaktionskontext als auch die Daten aller anderen

Nutzer*innen samt anderer Datenmodelle einbeziehen. Ein Beispiel dafür ist das Konzept des digitalen Doppelgängers [BK15]. Ähnliche Konzepte sind etwa digitale Profile, digitale Identitäten, digitale Double oder Datenschatten (z.B. [Ma17], [Be15]). Ein digitaler Doppelgänger ist nie vollständig fertig und kann sich daher mit jeder neuen Dateneingabe ändern [BK15]. Er spiegelt dabei die Nutzerin bzw. den Nutzer wider, wobei eine Abhängigkeit zu ihr bzw. zu ihm entsteht [BK15]. Insgesamt kann der digitale Doppelgänger anhand verschiedener Merkmale als digitale Charakterisierung einer Person gesehen werden. Diese Merkmale, das ist wichtig zu begreifen, bestehen nur zu einem eher kleineren Teil aus den provided und observed data; sie bestehen vor allem auch aus derived und inferred data. Um das deutlich zu machen und ein entsprechendes Datenbewusstsein zu entwickeln, können diese derived und inferred data generierenden Extraktions- und Veredelungsprozesse (vgl. [Zu18]) im Unterricht von Lernenden explorierend selbst durchgeführt werden. Dazu reichen schon recht einfache Veredelungsprozesse, wie Filtern und Visualisieren, die als Beispielvorstellung im Unterrichtskontext anschaulich die Mächtigkeit der Datenverarbeitung, aber auch deren Ungenauigkeiten, aufdecken können (vgl. Abs. 5). Interessant ist zudem, dass diese Datenmodelle, die als Ergebnis der Verarbeitung von Daten entstehen, in einer konkreten Interaktion zwischen einer Nutzerin oder einem Nutzer und dem ddA erstellt und so etwa zu Vorhersagen des Nutzerverhaltens herangezogen werden.

Reflexion auf individueller und gesellschaftlicher Ebene Im Rahmen von Datenbewusstsein sehen wir eine Reflexion auf individueller Ebene als wichtig an, um die eigene Rolle in dieser Interaktion und die bestehende Wechselwirkung zu identifizieren. So sollten insbesondere die eigene Rolle, die eigenen Handlungsmuster und die gegenseitigen Auswirkungen reflektiert und bewertet werden, was eine Voraussetzung für ein selbstbestimmtes Handeln ist. Dabei kann und sollte die Möglichkeit sowohl des Beeinflussens des ddA als auch des Beeinflusst-Werdens angesprochen werden. Außerdem ist es im Rahmen so einer Interaktion bedeutsam, die Interaktion und das Interaktionssystem, bestehend aus den beiden Akteuren – eine Nutzerin bzw. ein Nutzer und das ddA – und der Interaktion zwischen diesen, zu erkennen und zu reflektieren (vgl. [SB18]); denn nur so können die eigene Rolle sowie Einfluss- und Manipulationsmöglichkeiten aufgedeckt werden. Neben der individuellen Ebene ist es ein weiterer Schritt, die Größe der hinter den ddA stehenden Informatiksystemen – etwa bei Suchmaschinen, sozialen Netzwerken oder im Online-Handel – in den Blick zu nehmen und zu überlegen, inwiefern deren massenhaftes Nutzen und die damit verknüpften riesigen, derived und inferred data über die unmittelbaren Daseins-Zwecke der Infrastrukturen hinaus gesellschaftliche Relevanz entfalten. Diese Aspekte werden bei den eingangs genannten Autor*innen zum Teil sehr dramatisch beschrieben (vgl. etwa [Be15; Ma17; Ra19; Te20; Zu18]). So sollten die Auswirkungen dieser Systeme auf die Gesellschaft thematisiert und mit dem Verständnis der Architektur verknüpft werden. Nur mit einem gewissen Verständnis der technischen Hintergründe lassen sich die Grenzen und Chancen des Einsatzes eines ddAs beurteilen und begründen. Durch das Reflektieren auf einer individuellen und gesellschaftlichen Ebene in diesem Zusammenhang sollen die Lernenden dazu befähigt werden, datengetriebene Informatiksysteme adäquat bewerten zu können

und somit eigene Entscheidungen im Rahmen einer informationellen Selbstbestimmung zu treffen.

4 Datenbewusstsein als Schlussfolgerung

Zuvor wurden verschiedene Facetten des Konzepts Datenbewusstsein vorgestellt, die im folgenden Modell in Abb. 1 zusammengeführt und veranschaulicht werden. Dieser Abschnitt widmet sich zu diesem Zweck der Formulierung wesentlicher Ziele für die Förderung von Datenbewusstsein im Informatikunterricht.

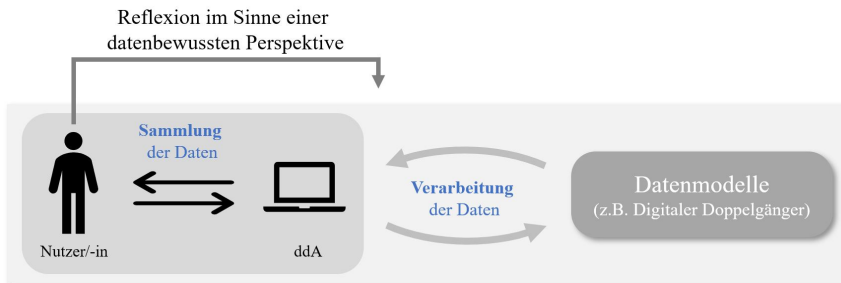


Abb. 1: Modell zur Beschreibung der verschiedenen Facetten von Datenbewusstsein

Für einen bewussten und kompetenten Umgang mit einem ddA sind die Interaktionen zwischen einem Menschen und einem ddA relevant. Diese beiden Akteure lassen sich zusammen mit der Interaktion als Interaktionssystem beschreiben, in dem Daten gesammelt werden. Dies sollte den Nutzer*innen bewusst sein. Die Zwecke der Datenverarbeitung können im Wesentlichen in zwei Bereiche unterteilt werden: 1) Daten werden zum Betreiben von Funktionen des ddA verarbeitet (primär) oder 2) um etwa Weiterentwicklungen des ddA zu untersuchen oder weitergehende (z.B. kommerzielle) Zwecke zu verfolgen (sekundär). Dabei werden in der Regel Datenmodelle erstellt (etwa ein digitaler Doppelgänger), die zur Verarbeitung neuer erhobener Daten genutzt werden können. Den Nutzer*innen muss für einen bewussten und kompetenten Umgang mit diesen ddA im Rahmen eines solchen Interaktionssystems die Datensammlung und -verarbeitung bewusst sein. Sie sollten grundlegend die Datenarten (explizit oder implizit erhoben bzw. generiert) sowie Prozesse bzw. Arten und Ergebnisse der Datenverarbeitung kennen, insbesondere deren Zusammenführung zu Datenmodellen und digitalen Doppelgängern. Um diese Prozesse der Sammlung und Verarbeitung von Daten in entsprechenden Interaktionskontexten zu verstehen, muss sowohl eine analytische Perspektive auf die Architektur als auch eine interpretierende Perspektive auf die Relevanz eingenommen und miteinander verbunden werden [Ra19; SB18]. Erst so kann ein Verstehen der Architektur des ddAs und dessen Bedeutungen und Auswirkungen (Relevanz) in einem derartigen Interaktionskontext gelingen, reflektiert und bewertet werden, was für einen bewussten und kompetenten Umgang essentiell ist. Außerdem kann durch die Verknüpfung der beiden Perspektiven ein Verständnis für die Wechselwirkungen in

einem solchen Interaktionssystem vermittelt werden. Ein wesentlicher Aspekt ist, dass es hier insbesondere auch um die individuelle Handlungsfähigkeit geht, die durch das Wechselwirkungsverhältnis von Beeinflussen und Beeinflusstwerden in einem Interaktionssystem mit dem ddA unweigerlich stattfindet (vgl. [SB18]). Neben den Risiken der ggf. unerwünschten Manipulation ergeben sich hier auch vielversprechende und neuartige Handlungsmöglichkeiten, die Tedre et al. als *virtuelle Metakognition* bezeichnen: Als Teilkompetenzen für Datenbewusstsein (sie nennen es data agency) schlagen sie vor, den eigenen digitalen Doppelgänger (digitales Selbst) (a) als Erweiterung und auch als Unterschied zum physischen Selbst verstehen; (b) kritisch bewerten, verbessern und rekonstruieren; und (c) inmitten derer anderer differenzieren und verorten zu können [Te20, Tabelle 1].

5 Ausblick auf eine mögliche Umsetzung im Informatikunterricht

Nachdem zuvor das Konzept Datenbewusstsein erläutert wurde, wird in diesem Abschnitt zur Veranschaulichung der wesentlichen Ziele zur Förderung von Datenbewusstsein eine mögliche Unterrichtsskizze einer bereits mehrmals in verschiedenen Klassenstufen erprobten Unterrichtseinheit *Exploration von Standortdaten* beschrieben. Die Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I thematisiert Standortdaten im Mobilfunknetz und wieso diese entstehen und notwendig sind (primäre Funktion). In einem zweiten Schritt werden diese Daten durch die Lernenden explorierend untersucht, mit der Aufgabe anhand der Bewegungsdaten einer Person möglichst viel über diese im Sinne eines digitalen Doppelgängers herauszufinden (als mögliche sekundäre Funktion). Die Kernelemente der Unterrichtseinheit sind im Wesentlichen eine Einstiegsphase, eine Datenexploration sowie eine gemeinsame Auswertung der Ergebnisse. Zunächst wird die Funktionsweise des Mobilfunknetzes eingeführt, etwa durch die Klärung der Frage: Wie kommt ein Anruf zwischen zwei Handys zustande? Im Rahmen der Einstiegsphase wird gemeinsam ergründet, dass Standortdaten durch den Mobilfunkanbieter gesammelt werden, um etwa die Verbindung für einen Anruf gezielt an die passende Basisstation schicken zu können, ohne das gesamte Netz mit Anfragen fluten zu müssen. Eine weitere Funktion dieser Datenerhebung ist, Kosten für Mobilfunkverbindungen anhand der Standorte (etwa länderübergreifend oder in einer Home Zone) berechnen zu können. Die Erhebung der Daten ist also notwendig und zunächst einmal unverfänglich. Anschließend explorieren die Lernenden einen veröffentlichten Datensatz mit Standortdaten aus dem deutschen Mobilfunknetz⁴ und charakterisieren die ihnen unbekannte Person, indem sie einen Steckbrief über sie erstellen. Hierzu nutzen sie eine selbstentwickelte interaktive Web-Anwendung oder alternativ ein Jupyter Notebook. Damit können durch Filtern auf zeitliche Ausschnitte (etwa: nachts zwischen 2 und 4 Uhr) und Visualisieren der Datenpunkte auf einer Karte Schlussfolgerungen gezogen werden (etwa: wohnt an dieser Adresse). Die von den Lernenden gewonnenen bzw. interpretierten Informationen (implizite Daten) über die Person werden anschließend in der Auswertung diskutiert und zusammengetragen. Dabei sind vor allem unterschiedliche Interpretationen – wie etwa mögliche, unterschiedliche

⁴ vgl. <https://www.zeit.de/digital/datenschutz/2011-02/vorratsdaten-malte-spitz>, zuletzt aufgerufen am 09.07.2021

Berufe – interessant. Anschließend werden unter anderem individuelle und gesellschaftliche Ebenen reflektiert und das Interaktionssystem bewertet.

6 Fazit und Diskussion

Das Konzept Datenbewusstsein zeigt auf, dass und wie eine Aufmerksamkeit für die Sammlung und Verarbeitung von Daten im Kontext der Interaktion zwischen Nutzer*innen und datengetriebener digitaler Artefakte (ddA) geschaffen werden kann. Für eine Förderung von Datenbewusstsein im Informatikunterricht resultiert als Ziel eine Fähigkeit der Lernenden in konkreten Interaktionen mit einem ddA sich selbst im Rahmen dieses Interaktionssystems wahrzunehmen und zu überlegen, wo, wie und wozu Daten gesammelt und verarbeitet werden. Dazu ist ein Verständnis über die Prozesse im ddA nötig, um beispielsweise technische Gründe erklärt zu können, warum welche Daten von dem ddA zum Betreiben von angebotenen Funktionen gesammelt und verarbeitet werden müssen. Das Konzept Datenbewusstsein zeigt auf, wie diese, zum Teil in den verschiedenen Empfehlungen zu den Bildungsstandards von der GI enthaltenen, Inhalte und Kompetenzen auf neuartige Weise miteinander verknüpft werden können und sollten. Datenbewusstsein ist für verschiedene Jahrgangsstufen relevant und interessant. Bemerkenswert ist die Aufnahme in dem bald erscheinenden Kernlehrplan von Nordrhein-Westfalen, insofern diese aufzeigt, dass das Konzept hilft, den Informatikunterricht in diesem Kontext zu beschreiben und zu planen. Wir meinen, dass das Konzept Datenbewusstsein eine tragende Säule in der Diskussion um informatische Bildung und deren Weiterentwicklung hin zu einem Pflichtfach verankerten Schulunterricht werden sollte. Ähnlich wie Tedre et al. argumentieren, nimmt es nicht nur die gesellschaftliche Seite der Datenrevolution auf, sondern verknüpft die informatische Bildung auch mit dem ‚data-driven turn‘ der Technologie und der Wissenschaft Informatik [Te20]. Datenbewusstsein hebt sich insbesondere von klassischen Ansätzen der Statistical oder Data Literacy durch diesen Einbezug der Technologie und der damit verknüpften Verfahren ab. Zudem ist es individuell sehr bedeutsam, wie das Konzept des digitalen Doppelgängers verdeutlicht. Dazu ist die Fokussierung auf Interaktionsprozesse u.E. unabdingbar. Möglicherweise ist Datenbewusstsein auch ein wichtiger Baustein, um ddAs und die damit verknüpften Verfahren – etwa des maschinellen Lernens – zu verstehen. Register und Ko [RK20] zeigen, dass sich Lernende an Konzepte des maschinellen Lernens besser erinnern und diese nutzen können, wenn sie zuvor eigene persönliche Daten eingegeben haben. Das Konzept Datenbewusstsein ist recht neu und basiert auf sehr aktuellen Entwicklungen, weshalb es sich sicherlich weiter ausdifferenzieren und in unterschiedlichen (etwa schulischen) Kontexten bewähren muss. Mit dem Konzept zeigen wir jedoch auf, in welche Richtung fachdidaktische Forschung in näherer Zukunft verstärkt Innovationen hervorbringen wird und neuere fachwissenschaftlich und gesellschaftlich relevante Fragen aufnehmen kann.

Literatur

- [Be15] Berendt, B. et al.: Datenschutz im 21. Jahrhundert: Ist Schutz der Privatsphäre (noch) möglich? In (Gallenbacher, J., Hrsg.): INFOS 2015. Bonn, S. 33–42, 2015.
- [BK15] Bode, M.; Kristensen, D.: The digital doppelgänger within. A study on self-tracking and the quantified self-movement. In (Canniford, R.; Bajde, D., Hrsg.): Assembling Consumption. Routledge, 2015.
- [Bu16] Burrell, J.: How the Machine ‘Thinks’: Understanding Opacity in Machine Learning Algorithms. *Big Data & Society* 3/1, S. 1–12, 2016.
- [Ga02] Gal, I.: Adults’ Statistical Literacy: Meanings, Components, Responsibilities. *International Statistical Review* 70/1, S. 1–25, 2002.
- [LM20] Long, D.; Magerko, B.: What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. In: 2020 CHI. CHI ’20, ACM, Honolulu, HI, USA, S. 1–16, 2020.
- [Ma17] Mau, S.: Das metrische Wir: Über die Quantifizierung des Sozialen. Suhrkamp Verlag, Berlin, 2017.
- [OE14] OECD: Summary of the OECD Privacy Expert Roundtable „Protecting Privacy in a Data-driven Economy: Taking Stock of Current Thinking“. DSTI/ICCP/-REG(2014)3, 2014.
- [PS19] Pangrazio, L.; Selwyn, N.: ‘Personal data literacies’: A critical literacies approach to enhancing understandings of personal digital data. *New Media & Society* 21/2, S. 419–437, 2019.
- [Ra19] Rahwan, I. et al.: Machine behaviour. *Nature* 568/7753, S. 477–486, 2019.
- [Ri15] Ridsdale, C. et al.: Strategies and Best Practices for Data Literacy Education: Knowledge Synthesis Report, 2015.
- [RK20] Register, Y.; Ko, A. J.: Learning Machine Learning with Personal Data Helps Stakeholders Ground Advocacy Arguments in Model Mechanics. In: ICER ’20. ACM, Virtual Event New Zealand, S. 67–78, 10. Aug. 2020.
- [SB18] Schulte, C.; Budde, L.: A Framework for Computing Education: Hybrid Interaction System: The Need for a Bigger Picture in Computing Education. In: Koli Calling ’18. Bd. 18, ACM, Koli, Finland, S. 10, 2018.
- [SFN18] Shapiro, R. B.; Fiebrink, R.; Norvig, P.: How machine learning impacts the undergraduate computing curriculum. *CACM* 61/11, S. 27–29, 2018.
- [SS18] Smith, B.; Shum, H.: The Future Computed: Artificial Intelligence and Its Role in Society. Microsoft, Redmond, 2018.
- [Te20] Tedre, M. et al.: Machine Learning Introduces New Perspectives to Data Agency in K-12 Computing Education. In: 2020 FIE. IEEE, S. 1–8, 2020.
- [Zu18] Zuboff, S.: Das Zeitalter des Überwachungskapitalismus. Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2018.

Expertenmeinungen über Bildung zur IT-Sicherheit: Was jeder Mensch wissen sollte!

Ulrike Schott-Maire,¹ Manuel Riel,² Ralf Romeike³

Abstract: In der „digital vernetzten Welt“ stellen wöchentliche Berichte über „data breaches“, „gestohlene“ Passwörter und gehackte Systeme – gerade in Zeiten von täglichen Videokonferenzen und Home-Schooling – alle Mitglieder unserer digitalen Gesellschaft vor die Frage, wie sie sich, ihre Daten und ihre digitale Identität schützen können. Allgemeinbildender Informatikunterricht versucht derartige Herausforderungen im Spannungsfeld zwischen gesellschaftlichen, fachlichen und wirtschaftlichen Ansprüchen zu adressieren: Um zur Klärung dieser impliziten Forderungen beizutragen, befragen wir in diesem Beitrag ausgewählte Expert*innen der IT-Sicherheit aus Wissenschaft und Wirtschaft nach den grundlegenden Konzepten, Begriffen und Ideen, die sie für jeden Menschen als relevant erachten, und vergleichen diese Expertensicht mit dem aktuellen Stand internationaler Bildungsstandards und Rahmenlehrpläne. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schwerpunktsetzung der Expert*innen und der Curricula in etlichen Punkten erheblich divergieren: Es besteht hier weiterer Forschungsbedarf, das Themenfeld im Informatikunterricht neu zu denken. Die Kernaussagen der Expert*innen liefern überdies eine Grundlage zu einer weiterführenden didaktischen Strukturierung der IT-Sicherheit sowie zur Ermittlung von Kandidaten für Schlüsselprinzipien und -begriffe.

Keywords: IT-Sicherheit; Experteninterviews

1 Motivation

Gekaperte Nutzeraccounts, entwendete Zahlungsdaten und durch Viren, Trojaner oder Cryptolocker verursachte Systemausfälle sind in Form der beinahe täglichen Berichterstattung der Medienlandschaft (mindestens) indirekt im Alltag aller Menschen – und durch aktuelle „Cyberattacken“ auf Schulportale sogar direkt – im Alltag von Lehrer*innen und Schüler*innen angekommen. Diese Vorfälle bezeugen sowohl auf individueller wie auch auf gesamtgesellschaftlicher Ebene die Herausforderungen, sowie die Relevanz von Fragestellungen der IT-Sicherheit in der vernetzten Welt. Herausforderungen, die allgemeinbildender Informatikunterricht im Spannungsfeld zwischen gesellschaftlichen, fachlichen und wirtschaftlichen Ansprüchen zu adressieren versucht. Für das Fachgebiet der IT-Sicherheit zeigen aktuelle, internationale Praxisberichte, dass Lehrkräfte das Thema als sehr wichtig empfinden und einen großen Bildungsbedarf für ihre Schüler*innen, aber auch für sich selbst sehen: Das Themenfeld sei nicht ausreichend in den Curricula repräsentiert und didaktisch nicht hinreichend im allgemeinbildenden Kontext erschlossen [PHR20]. Um sich daher aus

¹ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, ulrisy@zedat.fu-berlin.de

² FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, manuel.riel@fu-berlin.de

³ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, ralf.romeike@fu-berlin.de

einer gesellschaftlich-fachlichen Perspektive im Sinne der Didaktischen Rekonstruktion [PHR20] der Klärung der Ansprüche an Informatikunterricht hinsichtlich der IT-Sicherheit nähern zu können, werten wir in diesem Beitrag explorative Interviews mit Expert*innen aus verschiedenen Tätigkeitsfeldern rund um das Themengebiet der IT-Sicherheit aus.

2 Forschungsstand

Die Fragestellung, was über IT-Sicherheit bekannt sein sollte, ist im Bereich universitärer Bildung ein international akut diskutiertes Thema und führte bereits zur Entwicklung verschiedener Kompetenz- und Mapping-Frameworks: Die Anzahl und Organisationsarten der verschiedenen Akteur*innen – von wissenschaftlichen Gesellschaften, wie ACM und IEEE, bis hin zu Behörden, wie der NSA – impliziert hier bereits, welche unterschiedlichen Blickwinkel und Ansprüche an die (Aus-)Bildung im Bereich der IT-Sicherheit herangetragen werden. So bestätigt beispielsweise eine aktuelle Übersicht mit Vergleich verschiedener dieser Strukturierungsansätze des Themenfeldes [FB20], dass es bisher keinen Konsens über zentrale Inhalte und deren Gewichtung in tertiären Curricula gibt, sondern konstatiert eine starke Abhängigkeit von der jeweils eingenommen Perspektive auf das Themenfeld. Gemeinsam ist diesen Frameworks jedoch die Fokussierung auf die Frage, was (künftige) Spezialistinnen und Spezialisten im Bereich der IT-Sicherheit im Kontext tertiärer Bildung wissen sollten – nicht aber, was für alle Menschen relevant ist. Lediglich das CyBOK-Projekt (Cyber Security Body of Knowledge) der University of Bristol nimmt auch explizit die Sekundarstufe an allgemeinbildenden Schulen – und somit zumindest implizit die Fragestellung, was alle Menschen über IT-Sicherheit wissen sollten – mit in den Blick [Ra18]. Das CyBOK-Framework wird dabei mit offener Community-Partizipationsmöglichkeit im Austausch von Wissenschaft und Wirtschaft kontinuierlich (weiter-)entwickelt und strukturiert das Themenfeld der IT-Sicherheit in 19 kleinere Fachbereiche, so genannte „knowledge areas“, und fasst diese wiederum in fünf größeren Kategorien („broader categories“) zusammen.

Im Gegensatz zu den tertiären Curricula für spätere Spezialist*innen, die unterschiedliche Schwerpunkte hinsichtlich der IT-Sicherheit setzen [FB20], zeigt sich bei der Analyse schulischer Curricula ein einheitliches Bild: Selbst auf internationaler Ebene werden Themenfelder, wie „Human Factors“, nicht weiter betrachtet, während andere Themen, z. B. die Kryptographie, in fast allen der analysierten Lehrpläne vertreten sind [RR20]. Diese Ergebnisse werfen vor dem Hintergrund von Workshop-Berichten mit Lehrer*innen [PHR20], welche bei Schüler*innen – aber auch bei sich selbst – einen über aktuelle Curricula hinausgehenden Bildungsbedarf im Bereich der IT-Sicherheit sehen, die Frage auf, inwieweit allgemeinbildender Informatikunterricht der Vielzahl an gegenwärtigen Herausforderungen im Alltag gerecht wird.

3 Methodik

Wir untersuchen in diesem Beitrag die beiden folgenden Forschungsfragen:

1. Welche Ideen, Konzepte und Begriffe der IT-Sicherheit sollten aus Expertensicht alle Menschen kennen?
2. Wie deckt sich die inhaltliche Schwerpunktsetzung der Expert*innen mit den Schwerpunkten in aktuellen (Rahmen-)Lehrplänen?

Grundlage der Untersuchungen bilden die Einschätzungen von sieben internationalen Expert*innen aus Wissenschaft und Wirtschaft. Bei der Auswahl der Fachpersonen wurde ein besonderes Augenmerk auf die breitgefächerte Expertise hinsichtlich des Betätigungsfelds und der konkret im Beruf betrachteten Aspekte von IT-Sicherheit gelegt: Zwei Start-up-Gründer, zwei Professoren der Informatik, ein IT-Sicherheitsbeauftragter aus dem Bankenbereich und auch zwei Führungskräfte von NGOs haben sich zu den Interviews bereit erklärt. Der Kontext, in dem sich die Spezialist*innen mit Fragestellungen der Informationssicherheit beschäftigen, ist entsprechend ihrer Professionen ebenso vielfältig und reicht von wissenschaftlichen Betrachtungen angewandter IT-Sicherheit über maschinelles Lernen, Banking und Web-Technologien bis hin zu gesellschaftlichen Auswirkungen der Informatik. Die Interviews werden explorativ geführt, den Expert*innen wird dabei entsprechend Forschungsfrage 1 lediglich eine vorgegebene Frage gestellt und anhand der Ausführungen ggf. weiter nachgefragt: „Welche Begriffe und Themen der IT-Sicherheit sind aus Ihrer Sicht für alle Menschen relevant?“. Anschließend werden die Interviews transkribiert und mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [Ma10] ausgewertet. Die Kodierung der Interviewtranskripte erfolgt dann in zwei Schritten: Zunächst werden die Äußerungen der Expert*innen pro Sinnabschnitt deduktiv einer der 19 „knowledge areas“ des CyBOKs [Ra18] zugeordnet. Pro „knowledge area“ werden die Ausführungen der Fachkräfte anschließend zu einem induktiv-generierten Kategoriensystem von Konzepten, Ideen und Begriffen qualitativ synthetisiert und kodiert (z. B. in Kategorien wie „Sicherheit als relativer Zustand“). Dies liefert die Anhaltspunkte zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage.

Für die zweite Forschungsfrage wird ein Vergleich der relativen Anzahl der Expert*innen, die Äußerungen zu einer der 19 „knowledge areas“ tätigen, mit der relativen Anzahl, wie häufig diese „knowledge area“ in aktuellen nationalen und internationalen Curricula repräsentiert wird, durchgeführt: Der Kodiermodus ist binär („ja“, „nein“), so dass – wie auch in der herangezogenen Curricula-Analyse – bei Erwähnung eines Themas aus einer „knowledge area“ bereits eine „ja“-Kodierung stattfindet – unabhängig der Ausführlichkeit der Äußerungen zu diesem Thema.

4 Ergebnisse

4.1 Zentrale Themen aus Expertensicht

Eine kompakte Fassung der Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage findet sich in Abb. 1. Im Folgenden sollen ergänzend dazu ausgewählte, in Curricula bisher nicht repräsentierte und besonders brisante Kernaussagen der Expert*innen nochmals pro „knowledge area“ bzw. „broader category“ illustriert werden.

CyBOK's Broader Categories	CyBOK's Knowledge Areas	Kernaussagen zu zentralen Ideen und Konzepten
Human, Organisational & Regulatory Aspects 	Risk Management & Governance	• verschiedene Blickwinkel auf Sicherheit • Notwendigkeit des Abwägens: • Sicherheit als relativer Zustand • Schutzziele im Zielkonflikt • Gefahr des schwächsten Glieds • Erkennen von Sicherheitsvorfällen
	Law & Regulation	• Auswirkungen auf alltägliche Leben
	Human Factors	• Sicherheitsbewusstsein als "mindset" und "culture" • gesellschaftliche Auswirkungen von Sicherheitsvorfällen • "usability" als Bestimmungsfaktor
	Privacy & Online Rights	• Datenschutz als technischer Schutz von Menschen (!) vor Auswirkungen von Datenverarbeitung • Schutz durch Rechte statt durch Regeln als Bildungsansatz
Attacks & Defences 	Adversarial Behaviours	• technische vs. menschliche Schwachstellen • Angreifer von außen vs. Angreifer von innen
	Incident Management	• Orientierung an Maßnahmen zur Qualitätssicherung • Angriffsanalyse
Systems Security 	Cryptography	• Alice-Bob-Szenario • symmetrische vs. asymmetrische Verschlüsselung • Schlüsseltauschverfahren • Auswirkungen des Quantencomputings • Hashfunktion, Digitale Signatur
	Distributed Systems Security	• Funktionsweise von Cloud-Computing
	Authentication & Authorisation	• weltweit eindeutige Identifier
Software Platform Security	3 Areas: SW Security / Web & Mobile Security / Secure SW Lifecycle	• technische Grundlagen des Webs • Nutzerverfolgung im Web • Open Source als Sicherheitskonzept für Software • Bedeutung rascher Sicherheitsupdates
	Network Security	• allgemeine Kommunikationsabläufe • Gefahren drahtloser Kommunikation
Infrastructure Security	Cyber Physical Systems	• Funktion & Schutz alltäglicher IoT-Geräte

Abb. 1: Kernaussagen der Expertinnen und Experten.

4.1.1 Themenfeld: Risk Management & Governance

Verschiedene Blickwinkel auf Sicherheit. Von großer Wichtigkeit stufte so ein Interviewpartner aus der Wissenschaft ein, unter welchen zwei verschiedenen Blickwinkeln der deutsche Begriff der „Sicherheit“ betrachtet werden kann. Im Englischen existieren für „Sicherheit“ zwei verschiedene Fachtermini, dies sind der Begriff der „safety“ und der „security“. Die „safety“ bezeichnet die funktionale Sicherheit eines IT-Systems, den Schutz der Umgebung vor dem System, und entspricht im Deutschen in etwa dem Begriff „Betriebssicherheit“. Beispielhaft für eine Fragestellung der „safety“ skizziert der Interviewpartner das Szenario eines selbstfahrenden Autos, das keinen (selbstverschuldeten) Unfall verursachen soll. Anders konzipiert ist hingegen die Vorstellung der „security“ als Schutz des IT-Systems vor Eingriffen von außerhalb: Sie entspricht im Deutschen ungefähr dem Begriff der „Angriffssicherheit“ bzw. „Schutz“ (beispielsweise vor Malware, Hackerangriffen usw.). So werde (umgangssprachlich) unter dem Terminus „IT-Sicherheit“ überwiegend also Sicherheit im Sinne der englischen „security“ verstanden. Im Bereich der „security“ seien die drei Schutzziele „Vertraulichkeit“ (engl. „confidentiality“), „Integrität“ (engl. „integrity“) und Zuverlässigkeit (engl. „availability“) grundlegend. Gegebenenfalls kann als viertes, gewissermaßen „orthogonales“ Schutzziel der Begriff der „privacy“ betrachtet werden.

Notwendigkeit des Abwägens und Sicherheit als relativer Zustand. Ein weiterer Experte aus der Wissenschaft führt folgende zwei Punkte für ein Verständnis von IT-Sicherheit an: 1. „Nichts ist sicher.“ 2. „Man muss es so sicher machen, dass potenzielle Angreifer kein Interesse mehr haben.“ Als analoges Beispiel veranschaulicht er: „Das kann man vergleichen mit einem Fahrradschloss: Ich muss nicht ein absolut sicheres Fahrradschloss haben, das kostet eine Million Euro – mein Fahrrad kostet aber gar nicht so viel. Ich brauche nur ein Fahrradschloss, das besser ist als die Fahrradschlösser um mich herum.“

Schutzziele im Zielkonflikt. Ein anderer Interviewter erweitert das Spannungsfeld konkurrierender Faktoren noch: „Es geht somit um den Zielkonflikt, den jeder Einzelne hat: Zuhause bleiben und nichts tun ist am sichersten.“ In Bezug auf die Wirtschaft stellt er folgenden Zielkonflikt dar: „Wie auch bei jeder Firma: Das Sicherste ist gar keine Anbindung von Computersystemen an die Außenwelt – dies ist jedoch nicht konkurrenzfähig!“

Gefahr des schwächsten Glieds. Wichtig sei für das Verständnis bezüglich Sicherheitskonzepten nach einer Fachkraft weiterhin die Problematik des schwächsten Glieds: „Man hat nicht immer ein klassisches Szenario vorliegen, wie, dass Sicherheitsvorfälle sich beim Vorliegen kryptographischer Schwächen ereignen – das ist eher selten der Fall. Meistens haben Sicherheitskonzepte per se eine Schwäche: Hier gilt es [für einen Angreifenden] das schwächste Element zu finden und dann zu überprüfen, ob es schwach genug ist.“

Erkennen von Sicherheitsvorfällen. Der Fall, dass keine „guten“ Sicherheitskonzepte eingesetzt werden (können) und welche Konsequenzen dies mit sich bringen kann, wie beispielsweise einen „Datendiebstahl“ (engl. „data breach“), ist für eine Fachperson

ebenso zentral: Hier können weitere Kontrollmaßnahmen (engl. „checks and balances“), insbesondere zur frühzeitigen Erkennung von Sicherheitsvorfällen, zur Security des Systems beitragen.

4.1.2 Themenfeld: Law & Regulation

Bezüglich der rechtlichen Situation wurde darauf hingewiesen, dass es mittlerweile gute internationale Standards im Bereich der IT-Sicherheit gebe. In Bezug auf die Frage, welche Gesetzgebungen wiederum für alle Menschen relevant sind, werden aber besonders Gesetzgebungen, die Auswirkungen auf das alltägliche Leben haben, wie die europäische eIDAS Verordnung (Onlinefunktion des Personalausweises) und die europäische Datenschutz-Grundverordnung (z. B. die verpflichtende Zustimmung zu Cookies) genannt.

4.1.3 Themenfeld: Human Factors

Informationssicherheitsbewusstsein. Für die Expert*innen ist hier der Gedanke eines Informationssicherheitsbewusstseins (engl. „security awareness“) fundamental. Betont wird insbesondere der Aspekt, dass dieses weit über ein rein kognitives Faktenwissen hinausgeht: „You can be documented, you can be fully compliant with certifications, but actually in the end . . . IT security, Information security is a culture. It’s an element of an organisational culture or individual for that matter. . . it is almost like a mindset.“ Im Unternehmenskontext bestehe für die IT-Sicherheitsbeauftragten eine absolute Notwendigkeit und Verantwortlichkeit, dieses Bewusstsein allen Menschen zu vermitteln. Anekdotisch wird hier von der IT-Abteilung einer Schweizer Bank berichtet, die, neben Schulungen im Bereich Sicherheit, ihren Mitarbeitenden von Zeit zu Zeit Phishing-E-Mails sendet, um das Bewusstsein ihrer Mitarbeiter in diesem Bereich zu überprüfen.

Usability als Bestimmungsfaktor. Als anspruchsvolle Fragestellung mit hohem Diskussionsbedarf wird auch betrachtet, wie IT in der Zukunft sicher und für alle Menschen einfach bedienbar gestaltet werden kann: Nutzer*innen sollen durch adäquate Konzepte und Tools unterstützt werden, Entscheidungen treffen zu können. Letztendlich müssten die User aber selbst sicherheitsbewusst handeln – vollständig kann ihnen diese Aufgabe von technischer Seite nicht abgenommen werden: „Machines can’t classify information as dangerous or not. It’s the human beings that interpret that data. You know, whether it is IT security, whether it is censorship, all these sort of topics. It’s the human perception of this, that is important.“

4.1.4 Themenfeld: Privacy & Online Rights

Datenschutz als technischer Schutz der Menschen vor Auswirkungen der Datenverarbeitung. In mehreren Interviews wird der Begriff „privacy“ als zentraler Begriff

genannt, wobei der deutsche Begriff „Datenschutz“ mitunter völlig anders konnotiert sei: Während man unter „Datenschutz“ im DACH-Raum vor allem der rechtliche Schutz von persönlichen Daten verstehe, so bedeute „privacy“ gerade auch den technischen (!) Schutz vor Datenverarbeitung. Darüber hinaus wird betont, dass die eigentliche Zielsetzung von „Datenschutz“ nicht so sehr das Schützen von Daten sei – als vielmehr die Menschen vor den Auswirkungen der Datenverarbeitung zu schützen. Als anschauliches Szenario führt eine Fachperson Folgendes an: „Sie suchen im Internet nach bestimmten Gesundheitsinformationen, weil Sie jetzt gerade einen Fachartikel oder für Ihre Arbeit recherchieren – und am nächsten Tag kündigt Ihnen Ihre Krankenversicherung, verdoppelt die Preise etc.“

Schutz durch Rechte statt durch Regeln als Bildungsansatz. Ebenso werden verschiedene Ansätze genannt, wie speziell im Bereich der „privacy“ versucht wurde und wird, Menschen zu schulen. Als Führungskraft einer NGO im Bereich digitaler Bildung verfügt hier eine der befragten Fachpersonen über tiefergehende Erfahrungen: Bis vor circa zehn Jahren sei vorwiegend der Ansatz verfolgt worden, Schüler*innen vor den Gefahren des Internets durch Auferlegung eines Regelwerks zu schützen („walled garden“, „protection-based approach“). Dieser Ansatz erwies sich jedoch nicht als nachhaltig, da die Jugendlichen derartige Regeln schlussendlich ignorierten. Heutzutage solle deshalb vornehmlich eine andere Strategie verfolgt werden: Den Schüler*innen solle geholfen werden, zu verstehen, wie die Technologie funktioniert, damit sie auf Grund dieses Wissens eigenständige Entscheidungen treffen können. Die Jugendlichen sollen somit verstehen, welche Wahl sie bezüglich der Weitergabe von privaten Daten in der Interaktion mit Technologien haben („rights-based approach“).

4.1.5 Themenfeld: Adversarial Behaviour

Technische vs. menschliche Schwachstellen. Von den Expert*innen werden potentielle Angreifende in zwei grobe Kategorien unterteilt, die sich durch die Art der Beschaffenheit des ausgenutzten Einfallstores unterscheiden: „There are broadly speaking two levels, if you want to think about security. First is technical, second is all about humans and how you can manipulate humans to do things.“

Angreifer von außen vs. Insider. Ein interviewter Spezialist hebt hervor, dass Angriffe – wie oft als erstes assoziiert – nicht nur von Dritten außerhalb eines Systems, eines Unternehmens unternommen werden, sondern teils auch von innen heraus erfolgen: „Zu Sicherheitsproblemen in Firmen, zu wirklichen ‚security breaches‘: Es ist häufig nicht so, wie man das aus dem Film kennt, dass ein Hacker draußen sitzt, programmiert und sich bemüht, durch eine Firewall einzubrechen, sondern ein Großteil der Angreifer kommt von innen. Dabei handelt es sich oft um eingeschleuste Sachen – z. B. durch übellaunige Mitarbeiter. Wenn man IT-Sicherheit nur als rein technisches Thema behandelt, ist das zu kurz gegriffen und trifft, so meine ich, wiederum auch nicht das, was in vielen Fällen passiert.“

4.1.6 Themenfeld: Web and Mobile Security

Technische Grundlagen & Nutzerverfolgung im Web. Knapp die Hälfte der Befragten stufen technische Grundlagen – wie beispielsweise das Internet und wie Smartphones funktionieren – als Basiswissen ein, um überhaupt Sicherheitsthemen in diesem Bereich erfassen zu können. Von gängigen Techniken, die von verschiedenen Akteuren eingesetzt werden, um in irgendeiner Art und Weise an Informationen zu gelangen, die nicht offen bzw. offensichtlich zugänglich sind und die ein User nicht unbedingt preisgeben möchte, sollten alle Menschen Kenntnis besitzen. Als solche Techniken werden hier „Tracking“, „Fingerprinting“ und „Cookies“ genannt. Ein Experte mahnt an, dass zwar aufgrund von EU-Verordnungen über die Verwendung von Cookies auf Webseiten aufgeklärt werden muss, dass allerdings die Kenntnis, wozu Cookies überhaupt eingesetzt werden, nur unzureichend in der Bevölkerung vorhanden sei.

Doppelte Bedeutung rascher Sicherheitsupdates. Ein anderer Experte betont, dass allen Benutzer*innen von Web- und mobilen Anwendungen die Wichtigkeit eines zügigen Aufspielens von Software-Updates bewusst sein sollte: Nicht nur, weil damit bekannte oder auch bereits von Hackern aktiv ausgenutzte Sicherheitslücken geschlossen werden, sondern ebenso, da Angreifern bisher unbekannte Schwachstellen, die in diesen Updates behoben werden, dadurch potentiell bekannt würden.

4.2 Vergleich von Expertensicht und Curricula

Die Gegenüberstellung zur zweiten Forschungsfrage der Repräsentation der „knowledge areas“ in den Curricula gegenüber der Abdeckung durch die Expert*innen findet sich in Abbildung 2: Exemplarisch wurden die K-12 Computer Science Standards und die Bildungsstandards der GI (für die Sekundarstufe I und II als eine Einheit betrachtet) dort ebenso aufgenommen. Besonders große Abweichungen (größer 33 %) zwischen dem relativen Anteil der Curricula und dem der Expert*innen, die das Themenfeld wenigstens erwähnen, sind ebenso durch Pfeile gekennzeichnet.

Es ergeben sich die folgenden Auffälligkeiten aus den Auswertungen:

- Die analysierten Curricula beschränken sich in ihrer Gesamtheit auf weniger Themenbereiche der IT-Sicherheit als die befragten Expert*innen.
- Starke Diskrepanzen sind in der relativen Abdeckung zu folgenden Themenfeldern zu beobachten: „Adversarial Behaviours“, „Human Factors“ und das größere Themenbereich der ‚Software Platform Security‘ sind im Vergleich selten in Curricula anzutreffen. Die zwei letztgenannten werden sogar in keinem bzw. die „Human Factors“ bisher lediglich in den K-12 Standards erwähnt.
- Im Vergleich zu den Curricula sprechen weniger Expert*innen die Themenbereiche „Privacy & Online Rights“ wie auch „Law & Regulation“ an.

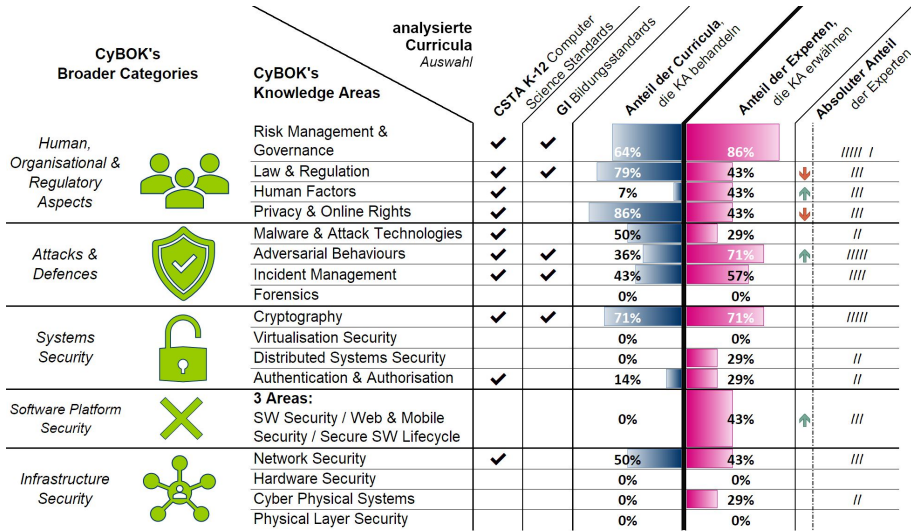


Abb. 2: Vergleich von Expertensicht mit den Curricula.

5 Diskussion

Die Studie unterlag verschiedenen Limitationen, insbesondere hinsichtlich der ersten Forschungsfrage muss hier nochmals die binäre Granularität des Kodiermodus angesprochen werden: Sowohl in der zugrunde liegenden Curriculums-Analyse als auch für die Interviews wurde hier beim Erwähnen von Themen innerhalb einer „knowledge area“ bereits als „vorhanden“ kodiert: Es steht die begründete Vermutung im Raum, dass viele Curricula etliche Themenbereiche der IT-Sicherheit nur relativ oberflächlich anschneiden, während die Expert*innen hier tiefer- und weiterführende Aspekte vorbringen. Insofern ist die in der Unterrichtspraxis relevante Lücke zwischen der curricularen Abdeckung an „knowledge areas“ und der der Spezialistinnen und Spezialisten noch größer anzunehmen, als dies Abb. 2 suggeriert. Die quantitative Auswertung des Expertenanteils in Abb. 2 kann zudem aufgrund der qualitativen Methodik nur als Indiz herangezogen werden.

Darüber hinaus ist eine (selbst-)kritische Expertenäußerung für die erste Forschungsfrage relevant: Eine Fachperson, die selbst etliche Begriffe und Konzepte der Kryptographie als für alle Menschen relevant deklarierte, gab abschließend zu bedenken, dass sie das Wissen darüber, wie Verschlüsselungsverfahren funktionieren, befürwortet, im späteren Leben das Wissen über die konkrete technische Umsetzung dieser Verfahren jedoch im Allgemeinen nicht von Bedeutung sei. Denkt man diese Überlegung weiter, könnte das bedeuten, dass weniger die konkrete Implementierung kryptographischer Verfahren im Schulunterricht, sondern mehr das Erkennen von Schwachstellen in Verfahren und das Weiterentwickeln dieser – für welche die Kryptographie einen möglichen Anwendungsfall darstellt – für die Expert*innen im Fokus stehen. Dies gilt es in weiterer Forschung zu

untersuchen. Auch eine Differenzierung zwischen Inhalten, die in der Schule, und solchen, die sinnvollerweise erst in der Berufsausbildung bzw. im Studium zu behandeln sind, ist durch weitere Forschungsarbeiten zu klären.

6 Fazit

Allgemeinbildender Informatikunterricht sollte sich bis zu einem gewissen Grad an der Praxis der Fachdisziplin orientieren und daher muss eingeordnet werden, welche Ideen, Konzepte und Begriffe der Fachpraxis eine allgemeinbildende Relevanz besitzen. Was diese Fragestellung betrifft, so divergieren in zentralen Bereichen der gegenwärtige Stand der Lehrpläne mit den von Expert*innen für wichtig befundenen Aspekten. Besonders die geringe – oder gar fehlende – Berücksichtigung der Themenfelder der „Human Factors“, der „Adversarial Behaviours“ und der „Web & Mobile Security“ in den Lehrplänen unterscheidet sich erheblich von der Einschätzung der befragten Expert*innen. Dabei erscheinen angesprochene Fragestellungen, wie „Wer ist überhaupt ein potentieller Angreifer, eine potentielle Angreiferin? Welche Motivation hat die Person?“, nicht nur fachlich grundlegend, sondern auch im Rahmen alltäglicher Handlungen, wie dem Administrieren des Heimnetzwerks oder der Wahl eines Passworts für einen Online-Dienst, relevant. Es besteht daher weiterer Forschungsbedarf, das Themenfeld der IT-Sicherheit im Informatikunterricht inhaltlich unter allgemeinbildenden Aspekten weiter didaktisch zu strukturieren und inhaltlich neu zu denken.

Literaturverzeichnis

- [FB20] Furnell, Steven; Bishop, Matt: Addressing cyber security skills: the spectrum, not the silo. *Computer Fraud & Security*, 2020(2):6–11, 2020.
- [Ma10] Mayring, Philipp: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz. Weinheim, 3:58, 2010.
- [PHR20] Pencheva, Denny; Hallett, Joseph; Rashid, Awais: Bringing cyber to school: Integrating cybersecurity into secondary school education. *IEEE Security & Privacy*, 18(2):68–74, 2020.
- [Ra18] Rashid, Awais; Danezis, George; Chivers, Howard; Lupu, Emil; Martin, Andrew; Lewis, Makayla; Peersman, Claudia: Scoping the cyber security body of knowledge. *IEEE Security & Privacy*, 16(3):96–102, 2018.
- [RR20] Riel, Manuel; Romeike, Ralf: IT security in secondary CS education: is it missing in today's curricula? A qualitative comparison. In: *Proceedings of the 15th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*. S. 1–2, 2020.

Aufbau und Funktionsweise des Internets in Onlinequellen im Hinblick auf Modellvorstellungen

Johannes Peschers,¹ Fatma Batur,² Torsten Brinda²

Abstract:

Mit zunehmender Nutzung des Internets sind Onlinequellen zu einem bei Schüler*innen beliebten Medium eigenständiger Recherchen zu Unterrichtsthemen geworden. Im Hinblick auf die didaktische Strukturierung von Informatikunterricht entsteht daraus die Notwendigkeit, sich auch analytisch mit solchem Material auseinanderzusetzen, denn darin enthaltene, möglicherweise eingeschränkte, Modellvorstellungen können die Vorstellungen von Schüler*innen zu fachlichen Inhalten beeinflussen. Dazu wurden von Schüler*innen zu erwartende Suchstrategien zugrunde gelegt und mithilfe der Suchmaschine GOOGLE Onlinequellen, welche Aufbau und Funktionsweise des Internets thematisieren, ermittelt, kriterienorientiert ausgewählt und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring analysiert. Im Wesentlichen konnte dabei beobachtet werden, dass wichtige Fachkonzepte wie Routing, Adressierung, usw. zwar angeführt, aber stark vereinfacht und in Teilen unzureichend modelliert werden. Aus dem integrierten Modell des Bild- und Textverstehens ergibt sich, dass diese Darstellungen auch Einfluss auf die Vorstellungen von Schüler*innen haben können. Bestärkt wird dies durch zu beobachtende Parallelen zwischen aus der Forschung bekannten internen Konzepten und der Modellierung von Inhalten in Onlinequellen, etwa bei der Verwendung von Metaphern. Daraus lassen sich Konsequenzen für die Unterrichtspraxis ableiten. Der gewinnbringende Einsatz von Onlinequellen scheint dabei insgesamt möglich, sollte jedoch stets mit einer vorherigen Prüfung des Materials und einem Abgleich mit konkreten Unterrichtszielen verbunden werden.

Keywords: Qualitative Inhaltsanalyse; Onlinequellen; Internet; Modellvorstellungen

1 Einleitung

Die jährlichen JIM-Studien [FRR20] zeigen, dass die Nutzung des Internets zum persönlichen Alltag von Kindern und Jugendlichen gehört, weshalb nicht nur im Informatikunterricht, sondern im Zuge der aktuellen Digitalisierungsdebatte auch in anderen Fächern zunehmend eine Auseinandersetzung mit diesem erfolgt. Gerade die intensive Nutzung des Internets im persönlichen Bereich und die dabei auftretenden Phänomene legen die Vermutung nahe, dass sich bei Lernenden Vorstellungen zu dessen Aufbau und Funktionsweise ausprägen können, die nicht den wissenschaftlichen entsprechen. Da Jugendliche zur Stillung von Informationsbedürfnissen insbesondere auch Onlinequellen nutzen [FRR20,

¹ B.M.V.-Gymnasium Essen, Bardelebenstraße 9, 45147 Essen, Deutschland, peschers@bmv-essen.de

² Universität Duisburg-Essen, Schützenbahn 70, 45127 Essen, Deutschland, {fatma.batur,torsten.brinda}@uni-due.de

S. 25], ist davon auszugehen, dass ihre Vorstellungen zu Aufbau und Funktionsweise des Internets durch entsprechende Darstellungen in frei verfügbaren Onlinequellen zumindest mit beeinflusst werden können. Im vorliegenden Beitrag wird eine Analyse solcher Onlinequellen durchgeführt mit dem Ziel, induzierbare Vorstellungen zu identifizieren und die Nutzbarkeit solcher Quellen für den Informatikunterricht einzuschätzen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Begriffsklärung

Grundlage allen Lernens sind bereits vorhandene Vorstellungen von Lernenden zu den jeweiligen Inhalten. Auf diesem konstruktivistischen Prinzip basieren gängige Modelle zur Beschreibung von Lehr-Lernprozessen, wie das Modell der **didaktischen Rekonstruktion** [Ka07]. Nach Diethelm et al. [Di11] stellt die Auswahl geeigneter Phänomene einen wesentlichen Aufgabenbereich im Prozess der didaktischen Strukturierung dar, der sich auf alle anderen Aspekte des Modells auswirkt. Von besonderer Bedeutung ist ferner die **Erfassung von Schüler*innenvorstellungen**. In diesem Beitrag wird dazu folgende Arbeitsdefinition verwendet: *Schülervorstellungen sind subjektive, mentale Repräsentationen zur Erschließung von Realitätsbereichen* [Lu11]. Es können drei Arten von **mental**en **Repräsentationen** unterschieden werden: Mentale Propositionen, mentale Bilder und mentale Modelle [NF18]. **Mentale Modelle** repräsentieren dabei das Realitätsverständnis der Lernenden und sind keine „reinen Kopien“ der Realität, sondern lediglich *kognitive Konstrukte*. Die Konstruktion mentaler Modelle ist dabei abhängig vom Vorwissen und den bestehenden Vorstellungen von Lernenden in Bezug auf den betreffenden Gegenstand. Mentale Modellierung korreliert somit auch mit den Grundannahmen konstruktivistischen Lernens [NF18]. Mentale Repräsentationen, oder auch **interne Repräsentationen** von Sachverhalten, die in Texten (deskriptiv) oder Bildern (depiktional) dargestellt sind, sind subjektive Konstruktionen. Diese Darstellungen werden als **externe Repräsentationen** bezeichnet [SB03].

2.2 Integriertes Modell des Bild- und Textverstehens

Basierend auf der Unterscheidung zwischen deskriptiven und depiktionalen Repräsentationen stellten Schnotz und Bannert [SB03] ein Modell vor, welches die Bildung interner auf Grundlage externer Repräsentationen beschreibt (s. Abbildung 1). Die Grundlage dieser Konstruktionsprozesse sind auf- und absteigende Teilprozesse zwischen den einzelnen Komponenten. Im Folgenden wird jeweils der absteigende Prozess näher erläutert.¹ Die Interaktion der Komponenten des **deskriptiven Zweigs** basiert auf der Verarbeitung von

¹ Für die dargelegten Untersuchungen sind die absteigenden Prozesse besonders relevant, da der Einfluss der externen Repräsentationen auf die internen betrachtet wird.

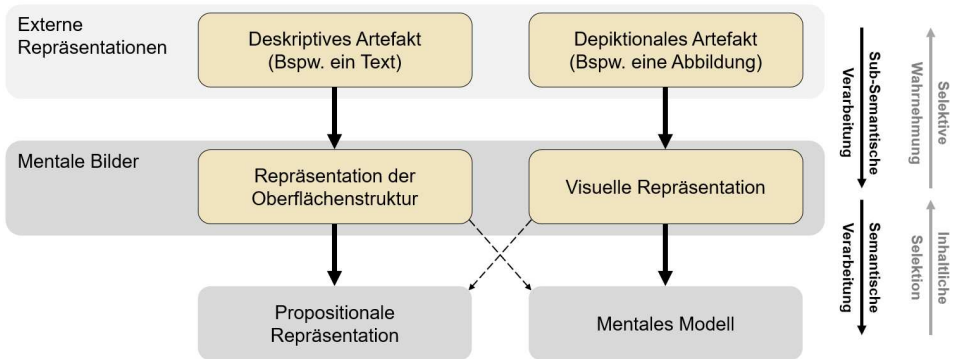


Abb. 1: Ausschnitt des *integrierten Modells des Bild- und Textverstehens* [SB03, S. 145] mit Bezug zu den Arten mentaler Repräsentationen [eigene Darstellung].

Symbolen. Beim Verarbeiten einer deskriptiven Repräsentation konstruiert das betrachtende Subjekt demnach zunächst im Prozess der *sub-semantischen Verarbeitung* eine interne Repräsentation der oberflächlichen Struktur des Vorliegenden (bspw. Wiedergabe des Wortlauts eines vorliegenden Textes). Dieser wird anschließend die Semantik entnommen, was zu strukturierten, propositionalen Repräsentationen bzw. mentalen Modellen führt. Die Interaktion zwischen den Komponenten des **depiktionalen Zweigs** basiert auf „Prozessen der Strukturabbildung“. Beim Wahrnehmen und Verstehen depiktionaler Artefakte generiert die*der Betrachter*in zunächst in sub-semantischen Prozessen, wie der Identifikation grafischer Entitäten oder visueller Organisationsprozessen, visuelle Repräsentationen des Gegenstands – *mentale Bilder*. Diese sind Grundlage semantischer Prozesse der Strukturabbildung von einem System visueller auf ein System propositionaler Repräsentationen bzw. auf mentale Modelle.

Zuletzt besteht eine **Beziehung zwischen propositionalen Repräsentationen und mentalen Modellen**. Zum einen dienen erstere als Grundlage bei der Konstruktion neuer und Revision bestehender mentaler Modelle. Zum anderen können durch Inspektion mentaler Modelle neue Aspekte abgelesen und propositionale Repräsentationen gebildet werden. Dieses Modell kann bspw. bei der Evaluation von Lernmaterial verwendet werden, um der Informationsverarbeitung über verschiedene Kanäle gerecht zu werden. In dieser Arbeit wird es genutzt, um den möglichen Einfluss der in Onlinequellen zu beobachtenden externen Repräsentationen auf die Vorstellungen von Schüler*innen zu evaluieren.

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Forschungsstand und Forschungsfragen

In der Forschung der letzten Jahre finden sich eine Reihe von Arbeiten, die mentale Modelle und Vorstellungen zu Aufbau und Funktionsweise des Internets untersuchen: Thatcher und

Greyling [TG98] identifizierten Kategorien mentaler Modelle auf Grundlage der Analyse von Zeichnungen. Papastergiou [Pa05] erhob dazu zusätzlich Schüler*innenantworten zu offenen und geschlossenen Fragen. In der deutschsprachigen Forschung ist vor allem die Arbeit von Diethelm und Zumbärgel [DZ10] zu nennen, die Schülervorstellungen durch Analyse leitfadengestützter Interviews untersuchten.

Gemein ist genannten Arbeiten die grundlegende Herangehensweise: Aus von Probanden generierten, externen Repräsentationen wurden Rückschlüsse auf interne Repräsentationen ihrer Verfasser gezogen. Der Frage, welche Faktoren die Ausblidung letzterer konkret beeinflussen können, wird in der fachdidaktischen Forschung bis jetzt jedoch kaum nachgegangen. Einzig Hennecke [He15] analysierte Schulbüchern entnommene, depiktionale Repräsentationen von Aufbau und Funktionsweise des Internets. Auch unter Berücksichtigung zuvor genannter Forschung formulierte er auf dieser Grundlage eine Abfolge von für schulischen Informatikunterricht geeigneten Modellvarianten.

Schulbücher sind jedoch nicht die einzigen Quellen, in denen sich Schüler*innen zu fachbezogenen Themen informieren. Auch das Internet selbst ist eine beliebte Informationsquelle [FRR20, S. 25]. Daraus ergibt sich der Bedarf einer Analyse von Onlinequellen (bzw. entnommenen externen Repräsentationen), denn es besteht die begründete Vermutung, dass sich Zusammenhänge zwischen den in externen Repräsentationen genutzten Modellen und bekannten internen Konzepten von Schüler*innen zeigen. Mithilfe des „integrierten Modells des Bild- und Textverstehens“ lassen sich auf dieser Grundlage potentielle Auswirkungen auf interne Repräsentationen der Betrachter*innen von Onlinequellen evaluieren und damit Konsequenzen für deren unterrichtlichen Nutzen ziehen. Aus diesem Vorhaben ergeben sich drei Forschungsfragen:

1. *Welche Aspekte von Aufbau und Funktionsweise des Internets modellieren frei verfügbare Onlinequellen?*
2. *Welche Auswirkungen der Rezeption frei verfügbarer Onlinequellen zu Aufbau und Funktionsweise des Internets auf die Bildung neuer und die Revision bestehender interner Repräsentationen sind denkbar?*
3. *Welches didaktische Potenzial haben frei verfügbare Onlinequellen zu Aufbau und Funktionsweise des Internets?*

3.2 Planung und Durchführung der Untersuchung

Die Untersuchung des potentiellen Einflusses externer auf interne Repräsentationen deren Betrachter*innen ist ein in der informatikdidaktischen Forschung noch weitgehend unerschlossenes Feld. Dem trägt das für die Untersuchung gewählte *qualitative* Vorgehen mit *explorativem* Charakter Rechnung [DB16, S. 192]. Konkret erfolgt eine *qualitative Inhaltsanalyse* [Ma15] mit Fokus auf der Modellierung von Aufbau und Funktionsweise des Internets. Das Kategoriensystem wird zunächst deduktiv entwickelt und anschließend aus dem Material heraus induktiv erweitert.

Um möglichst passendes Untersuchungsmaterial zu erheben, wurde das in Feil et al. [FGG13, 31ff.] eingehend untersuchte Rechercheverhalten von Kindern und Jugendlichen simuliert. Diese suchen bevorzugt Schlüsselbegriffe mithilfe von **GOOGLE**, wobei sie vor allem die zuerst angezeigten Treffer berücksichtigen. Die zur **Materialerhebung** verwendete Suchanfrage² resultiert direkt aus dem Gegenstand der Untersuchung: „Aufbau und Funktionsweise des Internets“. Um möglichst repräsentative Ergebnisse zu erhalten, wurden davon ausgehend elf weitere Suchstrings gebildet (bspw. durch Auslassungen und Permutation der Begriffe). Nach Abzug der Treffer, welche auf die **GOOGLE** Bild- oder Videosuche verweisen, brachte dies insgesamt 109 Ergebnisse hervor. Die Schnittmenge der Ergebnislisten umfasst 21 Webseiten, von denen vier nicht weiter untersucht werden, da sie entweder offensichtlich an Fachpublikum gerichtet oder kostenpflichtig sind.

Grundlage der folgenden Inhaltsanalyse ist ein durch *Kontextspezifikation* [DB16, S. 557] deduktiv gebildetes Kategoriensystem. Ausgehend von der ersten Forschungsfrage ergeben sich zwei Themenblöcke: „Aufbau“ des Internets und „Funktionsweise“ des Internets. Innerhalb dieser wurden auf Grundlage fachlicher Überlegungen (insbesondere der bspw. in Gumm und Sommer [GS13] näher beschriebenen Referenzmodelle) Hauptkategorien identifiziert. Zur Eingrenzung des umfassenden Inhaltsfelds auf für den schulischen Rahmen relevante Inhalte wurden ferner die Kerncurricula der Bundesländer herangezogen (bspw. [MSW14]). In der ersten Spezifikationsstufe ergaben sich dadurch fünf Hauptkategorien. Diese wurden anhand der in oben genannter Forschung identifizierten Kategorien interner Repräsentationen durch Subkategorien weiter verfeinert. Exemplarisch wird das Vorgehen am Beispiel der Subkategorie „Zentrales System“ durchgeführt:

Innerhalb des Themenblocks **Aufbau des Internets** ergibt sich bspw. durch curriculare Vorgabe die Hauptkategorie *Topologie* [MSW14, S. 31]. Hier beschreibt Papastergiou [Pa05, S. 351] die Vorstellung des Internets als „Huge Remote Computer“. Diese Beobachtung der Vorstellung des Internets als zentrales System wird unter anderem von Diethelm und Zumbrägel [DZ10, S. 40] bestätigt. Aus diesem Grund wurde die Subkategorie „Zentrales System“ ergänzt. Für einen vollständigen Einblick in das Analyseinstrument sei an dieser Stelle auf die vollständige Arbeit³ verwiesen.

Das **Vorgehen der Analyse** folgt dem in Mayring [Ma15, S. 85] beschriebenen. Zur Codierung wurde MAXQDA eingesetzt. Nach der Analyse von ca. 30 % des Materials wurde das Kategoriensystem einer Revision unterzogen und das Abstraktions- und Selektionsniveau angepasst. Dieses Vorgehen wurde mit wechselndem Material wiederholt, bis keine Anpassungen mehr entstanden. Induktiv ergaben sich so sieben weitere Kategorien, die in die finale Kategorisierung des gesamten Materials einbezogen wurden. Insgesamt resultierten daraus 514 kodierte Segmente in 16 deskriptiven und 29 depiktionalen Repräsentationen.

² Im Rahmen der Erhebung wurde die Suche soweit wie möglich entpersonalisiert: Regionseinstellung ‘Deutschland’, Spracheinstellung ‘Deutsch’. Berücksichtigung der ersten zehn Treffer.

³ Abrufbar unter <https://udue.de/masterarbeitpeschers>.

4 Ergebnisse

4.1 Inhaltliche Schwerpunkte der Onlinequellen

Zur Beantwortung der **ersten Forschungsfrage** bietet sich ein holistischer Blick auf die Ergebnisse an. Zunächst kann festgestellt werden, dass Aspekte zur Funktionsweise des Internets geringfügig häufiger kodiert wurden (56 % aller Kodierungen) als Aspekte zu dessen Aufbau (44 %). Im Themenkomplex „Funktionsweise des Internets“ lag der Fokus der Modellierungen auf der *Übertragungsimplementierung* (50 % der kodierten Segmente innerhalb des Themenkomplexes) gefolgt von *höheren Diensten und Anwendungen* (33 %), während Aspekte der *physischen Datenübertragung* (17 %) nur seltener berücksichtigt wurden. Im Themenkomplex „Aufbau des Internets“ konnte vor allem die *Modellierung physischer Komponenten* (66 %) beobachtet werden, während die der *Topologie* (31 %) vergleichsweise wenig Raum einnahm. Ein konkreteres Bild der Modellierung einzelner Inhalte innerhalb der Hauptkategorien bietet ein Blick in die entsprechenden Subkategorien der gültigen Dokumente⁴. Im Folgenden werden exemplarisch⁵ die Ergebnisse der Kodierung für die Kategorie **Übertragungsimplementierung** detailliert dargestellt.

Innerhalb dieser Hauptkategorie wurden alle Subkategorien in vergleichsweise vielen der gültigen Dokumente kodiert (Paketierung: 67 %, Routing 73 %, Referenzmodelle und Routing: 73 %, Adressierung: 80 %). Die Tiefe der Modellierung ist dabei jedoch stark heterogen und reicht etwa von der einfachen Nennung („[...] festgelegt, dass die zu übertragenden Daten beim Absender in kleine Pakete zerlegt, dann übertragen und beim Empfänger wieder zusammengesetzt werden.“ [Wu18]) bis hin zu einer ausführlichen Modellierung des Paketierungsvorgangs inklusive des Aufbaus von IP-Paketen mit Header- und Nutzdaten („Ein Paket wird nämlich in einen Kopf- und einen Nutzdatenbereich aufgeteilt.“ [Gr16]). Mit Blick auf die Subkategorie *Protokolle und Referenzmodelle* ist festzuhalten, dass zwar in der Regel einzelne Protokolle (vor allem IP) angeführt, die Einbindung in Referenzmodelle jedoch nur selten und wenn, dann oberflächlich dargestellt wird. Vergleichbares lässt sich auch bei der *Adressierung* beobachten. Häufig wird zwar die Notwendigkeit eines eindeutigen Adresssystems aufgegriffen („Damit ein Datenpaket weiß, woher es kommt und wohin es gesendet werden muss, erhält jeder an der Kommunikation beteiligte Rechner eine eindeutige Adresse, die IP-Adresse.“ [Wu18]), wie dieses jedoch konkret gestaltet ist und wie sich die Adressen zusammensetzen, bleibt dabei in der Regel unklar.

Bei der Analyse wurden bei einigen Subkategorien auch **Metaphern** gefunden. Im Bereich der *Adressierung* fällt vor allem die Verwendung der Postmetapher für IP-Adressen auf: „Diese ist vergleichbar mit deiner postalischen Anschrift und ist Bestandteil eines jeden Datenpakets.“ [Gr16], oder auch die Metapher der Telefonnummer: „Diese Adressen funktionieren ähnlich wie Telefonnummern“ [ES18].

⁴ Dokumente, in denen mindestens ein Code der jeweiligen Hauptkategorie kodiert wurde.

⁵ Die komplette Analyse kann unter <https://udue.de/masterarbeitpescchers> nachgelesen werden.

4.2 Bezug zu internen Repräsentationen und Unterrichtspraxis

Ausgehend von den Analyseergebnissen können nun begründete Annahmen getroffen werden, inwiefern Auswirkungen auf die Bildung neuer und Revision bestehender interner Repräsentationen in Betrachter*innen von Onlinequellen denkbar sind. Da diese nicht unmittelbar befragt werden, sind zwar keine direkten Schlüsse möglich, das integrierte Modell des Bild- und Textverstehens bietet jedoch die Möglichkeit, fundierte Vermutungen aufzustellen. Für eine weitere Konkretisierung bietet sich auch der Blick auf die in Kapitel 3.1 vorgestellte, fachdidaktische Forschung an, welche die Kategorienbildung maßgeblich beeinflusst hat. Durch die Kodierungen wird damit bereits ein erster Bezug zwischen externen und internen Repräsentationen deutlich. Exemplarisch wird an dieser Stelle zunächst der Prozess des multimedialen Lernens anhand eines konkreten Fallbeispiels nachvollzogen. Der in Abb. 2

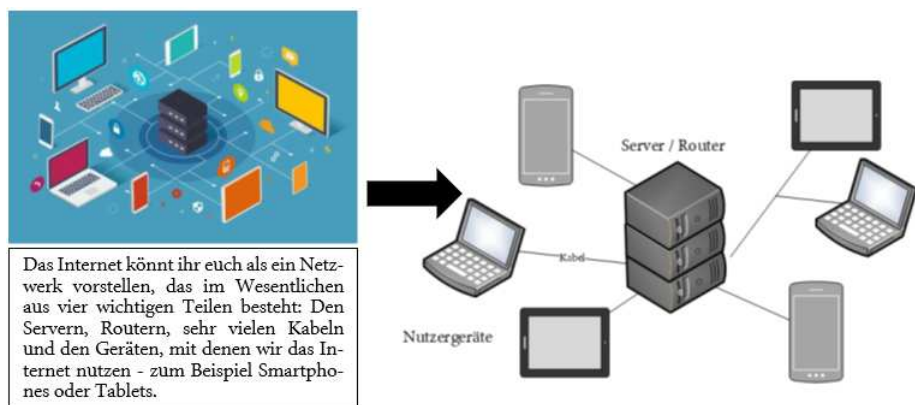


Abb. 2: Auszug aus [Ho18] mit grafischer Darstellung einer potentiellen internen Repräsentation

dargestellte Auszug aus Hoffmann [Ho18] umfasst eine deskriptive und eine depiktionale Komponente. Diese stehen auf der untersten Ebene des deskriptiven bzw. depiktionalen Zweiges des Modells. Im Prozess der sub-semantischen Verarbeitung werden aus Abbildung und Text nun Repräsentationen der Oberflächenstruktur gebildet. Dabei ist denkbar, dass unwesentliche Aspekte (bspw. die Ringe um die zentrale Komponente) vernachlässigt werden. Interessant ist vor allem der Prozess der semantischen Verarbeitung, in dem interne Repräsentationen konstruiert werden. Hier ist insbesondere die Wechselwirkung zwischen deskriptivem und depiktionalem Zweig zu beachten. Denkbar ist, dass die Komponenten der Abbildung in Bezug zu den im Text aufgeführten Komponenten des Internets gesetzt werden. Setzt man voraus, dass ein*e Betrachter*in über kein spezielles Vorwissen verfügt, jedoch mit alltäglichen, digitalen Technologien vertraut ist, kann angenommen werden, dass die Verbindungslinien zwischen den übrigen Komponenten als Kabel interpretiert und auch die Clientgeräte als Smartphones, Tablets etc. identifiziert werden. Via Ausschlussverfahren könnte die zentrale Komponente nun als Router oder Server identifiziert werden. Die verschiedenen Internetdienste symbolisierenden Elemente werden im Text nicht aufgegriffen, könnten also verworfen werden. Am Ende des Prozesses steht eine interne Repräsentation

in Form eines reduzierten mentalen Modells, welches das Internet als zentrales System modelliert (s. Abb. 2). Auf diese Weise lassen sich also begründete Annahmen in Bezug auf interne Repräsentationen treffen, die sich aus der Betrachtung des Materials ergeben könnten. Die wichtigsten Überlegungen dazu werden im Folgenden kurz dargelegt.

Im Bereich der Topologie ist insbesondere bei den deskriptiven Repräsentationen zu beobachten, dass ein vergleichsweise komplexes Netz autonomer Systeme modelliert wird und damit die Bildung interner Repräsentationen auf hohem Niveau gefordert wird. In einigen Quellen finden sich auch reduzierte Ansätze wie Punkt-zu-Punkt-Topologien oder Systeme mit einer zentralen Komponente, welche die von Papastergiou [Pa05] und Diethelm und Zumbrägel [DZ10] beobachteten, internen Konzepte des Internets fördern könnten. Diese Möglichkeit wird auch mit Blick auf die Modellierung der physischen Komponenten des Internets in den untersuchten Onlinequellen deutlich. Hier wird häufig nicht explizit auf die Existenz mehrerer Servergeräte eingegangen, was die Vorstellung eines zentralen Systems unterstützen könnte [He15, S. 158]. Im Inhaltsbereich der Funktionsweise des Internets konnten Diethelm und Zumbrägel [DZ10] beobachten, dass einem Großteil der Schüler*innen die Notwendigkeit eines eindeutigen Adresssystems bewusst, der Paketierungsaspekt dabei jedoch weniger und die Notwendigkeit der Signalmodulierung lediglich in Einzelfällen präsent ist. Dieses Bild findet sich auch bei der Betrachtung der Analyseergebnisse. Daraus kann zwar noch nicht auf einen kausalen Zusammenhang geschlossen werden, dennoch bestärken diese Parallelen die Annahme, dass der Konsum von Onlinequellen auch mentale Modellbildung beeinflussen könnte. Ein weiteres Indiz dafür ist die Verwendung von Metaphern in Onlinequellen (bspw. der Briefpost oder der Straße bzw. Autobahn), die auch Diethelm und Zumbrägel [DZ10] beobachten konnten. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Modellierung vieler Inhalte, insbesondere des Adressierungs- aber auch des Paketierungsaspekts sowie des Routings, vergleichsweise oberflächlich bleibt. So wird in [Wu18] bspw. auf die Notwendigkeit eindeutiger Adressierungen eingegangen, die zugrundeliegenden Mechanismen jedoch reduziert. Dies legt die Vermutung nahe, dass auch auf dieser Grundlage gebildete, interne Repräsentationen wenig Tiefgang haben könnten. Im Hinblick auf die **zweite Forschungsfrage** lässt sich damit zusammenfassend festhalten, dass viele der untersuchten externen Repräsentationen Modellierungsaspekte beinhalten, die sich auch in den bereits in der fachdidaktischen Forschung identifizierten, internen Repräsentationen finden. Dies führt zu einer Bestärkung der Annahme, dass Schüler*innen – zumindest teilweise – Informationen aus frei verfügbaren Onlinequellen heranziehen und sich diese auf ihre internen Repräsentationen auswirken.

Daraus ergeben sich auch Konsequenzen im Hinblick auf das didaktische Potenzial der untersuchten Onlinequellen und damit auf die **dritte Forschungsfrage**. Durch die in weiten Teilen oberflächliche Modellierung von Aufbau und Funktionsweise des Internets ergibt sich zunächst, dass Onlinequellen als Material zur Erarbeitung konkreter Inhalte eher ungeeignet erscheinen. Da die Modellierung in weiten Teilen jedoch relativ breit aufgestellt ist, ist durchaus denkbar, das Material beispielsweise als Mittel zur Nachbereitung zu nutzen oder einen Einstieg in die Thematik über Onlinequellen zu realisieren, der viele relevante Aspekte aufgreift, die dann im weiteren Verlauf eingehender betrachtet werden. Auch die Nutzung einzelner Text- und / oder Bildabschnitte bei der Erarbeitung konkreter Inhalte

ist denkbar, sofern diese darin eingehend modelliert werden. Insgesamt ist zu beachten, das Material in jedem Einzelfall hinsichtlich seiner Eignung zu überprüfen. Dabei sind die Zielgruppe und ihr Vorwissen ebenso zu berücksichtigen wie die Auswirkungen, die das Lernen mit dem Material auf die Bildung neuer bzw. die Revision bestehender, interner Repräsentationen haben könnte.

5 Fazit und Ausblick

Die Untersuchung hat Bezüge zwischen internen Repräsentationen von Aufbau und Funktionsweise des Internets und der Modellierung dieser Inhalte in Onlinequellen aufgezeigt. Das Potenzial der Untersuchung der Einflüsse solcher externen Repräsentationen auf ihre Betrachter*innen scheint – auch mit Blick auf andere Inhaltsbereiche – durchaus vielversprechend. Um diese in Zukunft noch präziser evaluieren zu können, ist weitere Forschung im Bereich der mentalen Modelle und Vorstellungen notwendig. Mit Blick auf diese Untersuchung ergeben sich weitere Schritte, wie die empirische Validierung der Ergebnisse (bspw. durch die Befragung von Schüler*innen). Das Inhaltsfeld des Aufbaus und der Funktionsweise des Internets konnte hier freilich nur in Ausschnitten untersucht werden. Um konkretere Eindrücke zu gewinnen ist denkbar, das Abstraktionsniveau etwaiger Folgeuntersuchungen weiter zu senken und einzelne Themenfelder (bspw. Routing oder Adressierung) präziser in den Blick zu nehmen. Auch eine Ausweitung der Untersuchung auf weitere Darstellungsformen (bspw. Lernvideos) ist denkbar.

Literatur

- [DB16] Döring, N.; Bortz, J.: Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2016.
- [Di11] Diethelm, I.; Dörge, C.; Mesaroş, A.-M.; Dünnebier, M.: Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht. In (Thomas, M., Hrsg.): Informatik für Bildung und Beruf. Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn, 2011.
- [DZ10] Diethelm, I.; Zumbrägel, S.: Wie funktioniert eigentlich das Internet? - Empirische Untersuchung von Schülervorstellungen. In (Diethelm, I.; Dörge; Christina, H.; Claudia; Schulte, C., Hrsg.): Didaktik der Informatik - Möglichkeiten empirischer Forschungsmethoden und Perspektiven der Fachdidaktik. Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn, S. 33–44, 2010.
- [ES18] Nein zu Netzsperrern und digitaler Abschottung: Aufbau und Funktion von Netzsperrern, 2018, URL: <https://www.economiesuisse.ch/de/dossier-politik/aufbau-und-funktion-von-netzsperrern>, Stand: 08. 07. 2021.
- [FGG13] Feil, C.; Gieger, C.; Grobbin, A.: Informationsverhalten von Kindern im Internet - eine empirische Studie zur Nutzung von Suchmaschinen. Deutsches Jugendinstitut, München, 2013.

- [FRR20] Feierabend, S.; Rathgeb, T.; Reutter, T.: JIM-Studie 2019: Jugend, Information, Medien: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, Stuttgart, 2020.
- [Gr16] Graubner, L.: Wie funktioniert das Internet: Das Internet - Teil 4, 2016, URL: <https://www.webschmoeker.de/grundlagen/wie-funktioniert-das-internet>, Stand: 08. 07. 2021.
- [GS13] Gumm, H.-P.; Sommer, M.: Einführung in die Informatik. Oldenbourg Verlag, München, 2013.
- [He15] Hennecke, M.: Modellvorstellungen zum Aufbau des Internets. In (Gallenbacher, J., Hrsg.): Informatik allgemeinbildend begreifen. Gesellschaft für Informatik e.V, Bonn, S. 155–164, 2015.
- [Ho18] Hoffmann, S.: Wie funktioniert das Internet? Kurz erklärt, 2018, URL: <https://www.geo.de/geolino/wissen/20066-bstr-wie-funktioniert-das-internet>, Stand: 08. 07. 2021.
- [Ka07] Kattmann, U.: Didaktische Rekonstruktion - eine praktische Theorie. In (Krüger, D.; Vogt, H., Hrsg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 93–104, 2007.
- [Lu11] Lutter, A.: Integration im Bürgerbewusstsein von SchülerInnen. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2011.
- [Ma15] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 12., überarbeitete Auflage. Beltz, Weinheim/Basel, 2015.
- [MSW14] Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Informatik. Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW, Düsseldorf, 2014.
- [NF18] Nitz, S.; Fechner, S.: Mentale Modelle. In (Krüger, D.; Parchmann, I.; Schecker, H., Hrsg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, S. 69–86, 2018.
- [Pa05] Papastergiou, M.: Students' Mental Models of the Internet and Their Didactical Exploitation in Informatics Education. Education and Information Technologies 10/4, S. 341–360, 2005.
- [SB03] Schnotz, W.; Bannert, M.: Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction 13/2, S. 141–156, 2003.
- [TG98] Thatcher, A.; Greyling, M.: Mental models of the Internet. International Journal of Industrial Ergonomics 22/4-5, S. 299–305, 1998.
- [Wu18] Wueste, M.: So funktioniert das Internet: Das Wichtigste einfach erklärt, 2018, URL: https://praxistipps.chip.de/so-funktioniert-das-internet-das-wichtigste-einfach-erklart_103193, Stand: 08. 07. 2021.

Weil informatische Bildung nicht erst in der Sekundarstufe beginnen darf: Integration informatischer Bildung ins Grundschullehramtsstudium

Christin Nenner,¹ Gregor Damnik,¹ Nadine Bergner¹

Abstract: Die Vermittlung von informatischen Grundkompetenzen ist bereits für Grundschulkinder essentiell. Aktuell fehlt es jedoch daran, dass die Grundschullehrkräfte diese Grundkompetenzen zielgerichtet lehren bzw. unterrichten können, da sie selbst in ihrem Studium dazu kaum oder gar keine Veranstaltungen besuchen. Um dies zu ändern, wurde ein Workshop - bestehend aus drei Einheiten à 90 Minuten - zu grundlegenden informatischen Inhalten und Kompetenzen sowie dem Kennenlernen von Anknüpfungspunkten in den aktuellen Lehrplänen erarbeitet. Der Workshop wurde eingebettet in eine Pflichtveranstaltung mit 32 Studierenden des Grundschullehramts, Fach Werken, durchgeführt und evaluiert. Im Workshop wird eine Einführung in die informatische Bildung in der Grundschule vorgenommen. Ziel ist es, mit den Teilnehmenden eine Vorstellung davon zu erarbeiten, welche Inhalte und Konzepte informatische Grundbildung umfasst und wie man diese mit Grundschulkindern erarbeiten kann. Es findet eine interaktive Heranführung an grundlegende Kompetenzen und bereits vorhandene Lehr-Lern-Materialien statt, wobei die Teilnehmenden selbst Inhalte beisteuern, in Gruppen Themen diskutieren und bereitgestellte Materialien und Werkzeuge erproben. Die Ergebnisse des Pre-Post-Vergleichs zur Selbsteinschätzung der informatikspezifischen Fach- und Vermittlungskompetenzen zeigen, dass bei den Studierenden, ihrer subjektiven Einschätzung nach, durch die Teilnahme am Workshop sowohl ein Zuwachs an grundlegenden Fachkompetenzen im Bereich der informatischen Bildung als auch ein Zuwachs an spezifischem Wissen zur Vermittlung dieser Kompetenzen erreicht werden kann. Letztlich bewerten die angehenden Lehrkräfte ihre Zuversicht, informatische Inhalte und Kompetenzen in ihren späteren Lehrberuf übertragen zu können, als positiv. Im Sinne dieser Ergebnisse wird der Workshop zukünftig modifiziert und darauf aufbauend ein eigenständiges vertiefendes Seminar entwickelt.

Keywords: Informatische Grundbildung; Informatische Kompetenzen; Vermittlungskompetenz; Grundschule; Lehramtsstudium

¹ TU Dresden, Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Straße 46, 01187 Dresden, Deutschland, {christin.nenner, gregor.damnik, nadine.bergner}@tu-dresden.de

1 Einleitung und Stand der Forschung

Das Thema informatische Bildung im Primarbereich ist in den letzten Jahren immer präsenter geworden [Be19]. Ziel ist neben der gesellschaftlich-kulturellen und anwendungsbezogenen Perspektive auf die digital vernetzte Welt auch die technologische Perspektive [Br16, S. 3] auf die Funktionsweise von digitalen Werkzeugen sowie Konzepte sichtbar und verstehbar zu machen, die diesen zugrunde liegen. Es wurden an unterschiedlichen Hochschulstandorten Module für Grundschulkinder entwickelt und erprobt, die zeigen, dass informatische Grundkonzepte schon von diesen verstanden und angewendet werden können [GFH17] [Ma18] [GWS19] [Th18]. Allerdings fand dies meist außerschulisch oder in optionalen Nachmittagsangeboten statt und wurde nicht integriert in den regulären Unterricht. Um das zu ändern, werden in einigen deutschen Bundesländern aktuell informatische Inhalte und Kompetenzen in die Grundschullehrpläne aufgenommen [St19]. In Sachsen adressiert bspw. der Lernbereich 3 „Begegnung mit Robotern und Automaten“ in Klassenstufe 4 im Fach Werken explizit Inhalte und Methoden, welche die informatische Grundbildung betreffen [St19, S. 14f]. Aber veränderte Lehrpläne allein reichen nicht, um die Umsetzung von Unterricht zur Erlangung informatischer Grundkenntnisse und -kompetenzen in den Grundschulen garantieren zu können. Dafür müssen angehende Grundschullehrkräfte fachlich und fachdidaktisch qualifiziert werden [Ba21, S. 115] [Hu20, S. 91] [Be18, S. 170]. In Sachsen wurde zu diesem Zweck im Rahmen des Projekts TUD-Sylber² in der Didaktik der Informatik der TU Dresden ein Workshop mit dem Titel „Informatische Grundkompetenzen ermöglichen in der Grundschule“ (3 Einheiten à 90 min) erarbeitet und evaluiert. Im Folgenden sollen sowohl das Konzept und die Inhalte als auch die Ergebnisse der Evaluation im Detail präsentiert werden.

2 Konzept des Workshops

Zur Konzeption von drei Workshop-Einheiten (siehe Abb. 1) à 90 Minuten wurden sowohl der Lehrbereich 3, Klasse 4, im aktuellen sächsischen Grundschullehrplan des Fachs Werken (EVA-Prinzip, Einblick in eine einfache Programmierumgebung inklusive der Anwendung eines vereinfachten Software Life Cycle; [St19, S. 14f]) als auch die Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik für den Primarbereich zugrunde gelegt [Be19]. Dementsprechend wurden die Inhaltsbereiche Algorithmen und Informatiksysteme fokussiert (siehe Abb. 1) und der Inhaltsbereich Information und Daten ergänzend thematisiert.

² Das diesem Artikel zugrundeliegende Projekt „Synergetische Lehrerbildung im exzellenten Rahmen“ (kurz: SYLBER) an der TU Dresden (kurz: TUD) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsinitiative Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1919 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

2.1 Ziele

Ziele des Angebots sind, dass die Teilnehmenden I) den Aufbau und die Funktionsweise von Informatiksystemen beschreiben, II) Algorithmen erkennen und nachvollziehen, III) grundlegende Programmierkonstrukte (Sequenz, Schleife und Bedingung) in einfachen Programmierumgebungen anwenden, IV) zum Unterrichtsziel passende Themen, Materialien und Programmierumgebungen (z. B. Makecode für Calliope oder Scratch) auswählen und V) Umsetzungsideen zu verschiedenen informatischen Inhalten und Kompetenzen skizzieren. Die Studierenden können im Rahmen des Angebots einen Zuwachs an Wissen und Kompetenzen zu einem grundständigen Set an informatischen Inhalten und Konzepten (Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen, Algorithmus und Programmierung) erreichen. Weiterhin sollen Anknüpfungspunkte für informatische Inhalte und Kompetenzen in den aktuellen sächsischen Grundschullehrplänen aufgezeigt, kennengelernt und diskutiert werden.

2.2 Ablauf

zeitlicher Verlauf

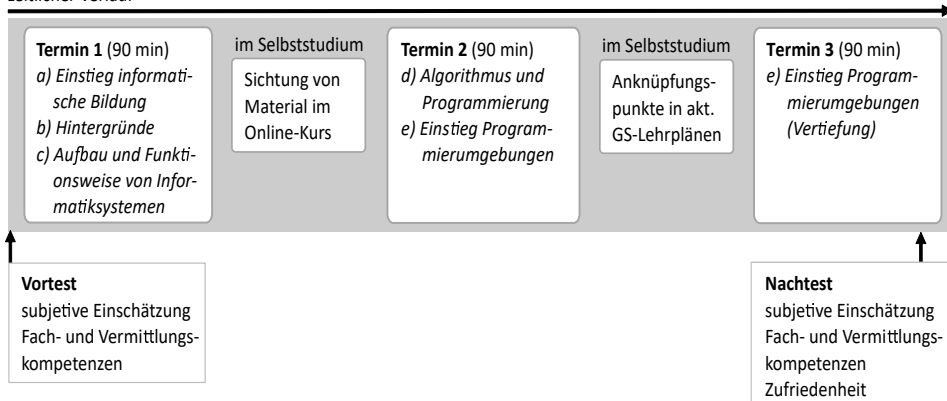


Abb. 1: Aufbau des Workshops „Informatische Grundkompetenzen ermöglichen in der Grundschule“ inkl. Erhebungsinstrumenten

Zum ersten Termin erfolgt der erste Teil der Wissensvermittlung (90 Minuten) mit den Teilthemen: a) Einstieg in die informatische Bildung, b) informatische Hintergründe und c) Aufbau und Funktionsweise von Informatiksystemen. Zu Beginn findet eine Aktivierung und Sichtbarmachung des mitgebrachten Vorwissens der Teilnehmenden zur Informatik im Allgemeinen bzw. Informatik in der Grundschule statt, um daran im Anschluss gemeinsam anzuknüpfen an Fachgebiete der Informatik, Lebensweltbezug, Dagstuhl-Dreieck [Br16, S. 3] am Beispiel Internet, Empfehlungen für Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich von der Gesellschaft für Informatik e. V. [Be19] sowie der Verankerung informatischer Bildung in den aktuellen Grundschullehrplänen und den Standards für die

Lehrerbildung [Ku04, S. 9]. Für die Umsetzung des EVA-Prinzips im Unterricht wird jeweils mind. eine Variante unplugged, mit Softwareeinsatz und mit Einsatz zusätzlicher Hardware exemplarisch vorgestellt und das erworbene Wissen angewendet. Abschließend wird am Beispiel der Eingabe eines Textes über die dargestellte Tastatur auf einem Smartphone und die Ausgabe des Textes über den Bildschirm das EVA-Prinzip zusammenfassend dargestellt und die Themen Codierung, Decodierung in 0 und 1 sowie der Unterschied zwischen Daten und Information in der Informatik angerissen. Als Aufgabe in Vorbereitung auf Termin 2 erarbeiten sich die Teilnehmenden einen Überblick über zur Verfügung stehendes Material zur Informatik in der Grundschule. Im Rahmen des zweiten Termins findet der zweite Teil der Wissensvermittlung (90 Minuten) mit d) Algorithmus und Programmierung und e) Einstieg in Programmierungsumgebungen statt. Die erarbeiteten Kenntnisse zu Algorithmen werden gemeinsam reflektiert. Zum Einblick in einfache Programmierungsumgebungen wird das Material, erläutert im folgenden Unterkapitel, eingeführt und durch die Teilnehmenden erprobt. Im Anschluss werden Programmierkonzepte - bspw. Folge, Wiederholung, Verzweigung - thematisiert und abschließend angewendet. Um die Anwendung eines vereinfachten Software Life Cycle [SS11, S. 309] darzustellen, werden exemplarisch die Beispiele Automatisierung der Besucher*innenzählung bei einer Schulveranstaltung und des automatisierten Erinnerns an das Gießen einer Pflanze im Klassenraum gemeinsam erarbeitet. Als Aufgabe in Vorbereitung auf Termin 3 identifizieren die Teilnehmenden Anknüpfungspunkte in den aktuellen sächsischen Grundschullehrplänen. Im dritten und letzten Termin erfolgt der dritte Teil der Wissensvermittlung (70 Minuten). Neben der Wiederholung und Vertiefung von e) sind die Teilnehmenden aufgefordert, Gelerntes praktisch mittels Stationenlernen anzuwenden, sich über identifizierte Anknüpfungspunkte auszutauschen, diese zu diskutieren und eine Einordnung des Gelernten in die Struktur der Teilgebiete der Informatik vorzunehmen. Es wird eine Reihe weiterer Informatik-/Robotiksysteme gezeigt, um die Vielfalt deutlich zu machen. Zum Abschluss werden Kernaussagen zu Funktionsweisen und dem Programmieren von Informatiksystemen zusammengefasst und visualisiert.

2.3 Material

Materialien wie Arbeitsblätter sind auf die Zielgruppe Grundschüler*innen ausgelegt und werden zum Teil mit Anleitungen direkt für Lehrkräfte ergänzt. Es werden sowohl unplugged-Materialien als auch Materialien zu Softwarelösungen und Robotiksystemen verwendet. Zum aktiven Einblick in einfache Programmierungsumgebungen inklusive einer Erprobung im Angebot werden simulierte Roboter³ und Mikrocontroller⁴ mit einfacher Blockprogrammierung sowie visuelle Programmierungsumgebungen zum Entwickeln von Geschichten und Spielen⁵ verwendet. Im Workshop wird bspw. auf Material der RWTH Aachen [RW21], LMU München [DD20], Uni Potsdam [ENJ19], Stiftung Haus der kleinen Forscher [St17], kf-education [DRS18] und Informatik an Grundschulen [Mi19] aufgebaut.

³ vgl. Ronjas Roboter <https://www.meine-forscherwelt.de/spiel/ronjas-roboter/> von der Stiftung HdKF

⁴ vgl. MakeCode-Editor <https://makecode.calliope.cc/> zu Calliope mini

⁵ vgl. ScratchJr <https://www.scratchjr.org/> und Scratch <https://scratch.mit.edu/>

3 Forschungsfragen

Angesichts der Notwendigkeit informatischer Bildung in der Grundschule und des nachgewiesenen Fehlens von Kompetenzen im Grundschullehramt /-kollegium [Hu20, S. 91] [Be18] stellt sich die große übergeordnete Frage: *Wie können (angehende) Grundschullehrkräfte im Rahmen eines Lehr-Lern-Angebots informatische Fach- und Vermittlungskompetenzen erwerben?* Die Forschungsfragen für die Durchführung des Angebots für Grundschullehramtsstudierende des Fachs Werken à drei Einheiten (= 270 min) lauten dementsprechend: *Wie schätzen die Teilnehmenden sich vor der Durchführung des Angebots bzgl. Fach- und Vermittlungskompetenzen informatischer Inhalte und Konzepte ein?* und *Wie wirkt sich die Teilnahme am Angebot auf die Selbsteinschätzung der Teilnehmenden bzgl. dieser Kompetenzen aus?*

4 Evaluation

4.1 Teilnehmende und Ablauf

Alle nachfolgenden Daten⁶ wurden im November und Dezember 2020 in drei aufeinander aufbauenden Workshop-Terminen (gesamt 270 min) erhoben, die als Teil einer Pflichtveranstaltung für Grundschullehramtsstudierende des Fachs Werken in diese eingebettet wurden. Es haben pro Termin 32 - 34 Studierende teilgenommen. Die Teilnehmenden waren im siebten Fachsemester. Noch vor dem ersten Termin des Workshops „Informatische Grundkompetenzen ermöglichen in der Grundschule“ wurden die Teilnehmenden gebeten, den Fragebogen (Übersicht siehe Abb. 2) auszufüllen. Zur Evaluation konnten Datensätze von 32 Teilnehmenden verwendet werden. Zwei Datensätze wurden aufgrund fehlender Daten ausgeschlossen.

Die Durchführung fand aufgrund der in dieser Zeit vorherrschenden Rahmenbedingungen rein virtuell in einem Video-Konferenzsystem statt. Um Interaktion der Teilnehmenden untereinander sowie mit der Dozentin möglich zu machen, kamen ein Umfrage-Tool, Präsentationsfreigabe mit gemeinsamen Bearbeitungsrechten, eine App für Echtzeit-Feedback, virtuelle Gruppenarbeitsräume und ein webbasierter Editor zum kollaborativen Bearbeiten von Texten zum Einsatz. Robotiksysteme konnten aufgrund der ausschließlich virtuell möglichen Umsetzung nur gezeigt werden. Weiterhin standen den Teilnehmenden die verwendeten Materialien auf einer Online-Lernplattform zur Verfügung.

Im Rahmen des letzten Termins des Angebots füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen im Sinne eines Pre-Post-Vergleichs aus. Dazu waren 20 Minuten angelegt. Neben den im Pre-Fragebogen gestellten, enthält der Post-Fragebogen weitere Fragen, die sich auf die Zufriedenheit der Teilnehmenden mit dem Angebot beziehen.

⁶ Zugang zu Rohdaten: <https://osf.io/5xpm4/>

Pre-Post-Testdesign subjektive Einschätzung mit 5-stufiger Likert-Skala (5 = trifft zu, 1 = trifft nicht zu)		
INFORMATISCHE GRUNDKOMPETENZEN 33 Items, 11 Items pro Subskala: a) Ebene I: Reproduktion von Wissen , z. B. „Ich kann erkennen, wenn in einer Situation ein Algorithmus Schritt für Schritt abgearbeitet wird.“ b) Ebene II: Anwendung und Transfer , z. B. „Ich kann einen Algorithmus zu einem vorstrukturierten Sachverhalt selbst formulieren.“ c) Ebene III: Problemlösung und Beurteilung , z. B. „Ich kann bewerten, warum Algorithmen in unserer Gesellschaft ein wichtiges Hilfsmittel darstellen.“	VERMITTLUNGSKOMPETENZ 6 Items, abgeleitet von den Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (KMK, 2004, S. 9) sowie den Zielen des Angebots, z. B.: „Ich kenne Anknüpfungspunkte für informatische Inhalte und Kompetenzen in den aktuellen sächsischen Grundschullehrplänen.“	ZUVERSICHT TRANSFER 2 Items, angelehnt an Prescher (2014), z. B.: „Ich traue mir zu, gegebene Lehr-Lern-Konzepte mit einer kleinen Gruppe zu erproben, die Schüler*innen informatische Grundbildung ermöglichen.“

Abb. 2: Thematische Zusammensetzung des Fragebogens zur subjektiven Einschätzung inklusive Beispielitems

4.2 Messinstrumente

Die Zufriedenheit der Teilnehmenden wurde mit drei Skalen mit jeweils drei Items erhoben (vgl. Prescher, 2014): a) Rahmenbedingungen für den Workshop (z. B.: „Die Lernziele der Veranstaltung wurden klar kommuniziert.“); b) Motivation (z. B.: „Die in der Veranstaltung behandelten Themen waren für mich interessant.“) sowie c) Zielerreichung (z. B.: „Die Veranstaltung war geeignet, mir das wesentliche Fachwissen zu vermitteln.“). Die Skalen wiesen stets einen Antwortbereich zwischen 1 (trifft nicht zu) und 5 (trifft zu) auf.

Zur Datenerhebung im Pre-Post-Vergleich wurde ein Fragebogen mit drei Skalen: 1) Informatische Grundkompetenzen, 2) Vermittlungskompetenz und 3) Zuversicht Transfer eingesetzt (siehe Abb. 2). Die Items der Subskala Informatische Grundkompetenzen wurden an die Inhaltsbereiche der GI: Algorithmen, Informatiksysteme und Information und Daten angelehnt. Zur Erhebung der subjektiven Vermittlungskompetenz wurden Items von den Standards der Lehrerbildung [Ku04, S. 9] und den Lernzielen der Curricula übereinstimmend mit den Zielen des Workshops abgeleitet [Hi19]. Die Transfererwartung bzw. Zuversicht zum Transfer wurde mit Items nach Prescher [Pr14] erhoben.

5 Ergebnisse

5.1 Zufriedenheit

Im Sinne der Erhebung der Zufriedenheit der Teilnehmenden empfanden diese die Rahmenbedingungen für den Workshop als sehr zufriedenstellend. So gaben sie in allen drei Items einen Mittelwert von mehr als 4,4 an. Darüber hinaus berichteten sie in jeweils drei Items, dass sie die Themen der Veranstaltung als recht interessant empfanden ($M_s > 4,0$) sowie ihre Lernziele mit dem Workshop erfolgreich erreichen konnten ($M_s > 4,3$).

5.2 Pre-Post-Vergleich zu informatischen Grundkompetenzen, Vermittlungskompetenz und Zuversicht Transfer

Nach Prüfung der Voraussetzung (interne Konsistenz der Skalen mit Cronbachs $\alpha > .78$; NV gegeben) stellte die MANOVA mit Messwiederholung einen signifikanten Unterschied über die Zeit fest (Wilks $\Lambda = .08$, $F = 42.75$, $p < .001$).

Im Vergleich zu vorher, gaben die Teilnehmenden nach dem Workshop eine signifikant höhere Kompetenzeinschätzung (vgl. Tabelle 1) auf Ebene I Reproduktion von Wissen ($M_{post-pre} = 1,45$), auf der Ebene II Anwendung und Transfer ($M_{post-pre} = 1,44$) sowie auf Ebene III Problemlösung und Beurteilung ($M_{post-pre} = 1,38$) an. Ferner bewerteten sie ihre Vermittlungskompetenz nach dem Workshop als signifikant höher als vor dem Workshop ($M_{post-pre} = 2,06$). Auch bezüglich ihrer Zuversicht, informatische Inhalte effektiv vor Schüler*innen darbieten zu können, zeigte sich ein signifikanter Anstieg ($M_{post-pre} = 1,08$).

	Pretest		Posttest		Änderung	p
	M_{pre}	SD_{pre}	M_{post}	SD_{post}	$M_{post-pre}$	
Kompetenzeinschätzung						
Reproduktion von Wissen	2.17	.61	3.62	.65	1,45	$p < .001$
Anwendung, Transfer	1.88	.51	3.31	.66	1,44	$p < .001$
Problemlösung, Beurteilung	1.91	.52	3.29	.74	1,38	$p < .001$
Vermittlungskompetenz	2.22	.73	4.28	.45	2,06	$p < .001$
Transfererwartung	2.74	1.18	3.83	.81	1,08	$p < .001$

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichung von Pre- und Post-Test der Workshop-Teilnehmenden. Alle Skalen weisen eine deutliche Steigerung auf. p = Signifikanzprüfung.

6 Diskussion

Die Ergebnisse des Pre-Post-Tests zeigen, dass die Studierenden, ihrer subjektiven Einschätzung zufolge, durch den Workshop sowohl grundlegende Kompetenzen im Bereich der informatischen Bildung und spezifisches Wissen zur Vermittlung dieser Kompetenzen erworben haben als auch zuversichtlicher sind, informatische Inhalte in ihren späteren Lehrberuf übertragen zu können. Damit wurden die expliziten Ziele des Angebots erreicht. Um die Nachhaltigkeit des selbsteingeschätzten Kompetenzzuwachses zu untersuchen, soll die Befragung circa sechs Monate nach dem Workshop wiederholt werden. Für weitere Durchführungen und Angebote werden Aufgaben zu informatischem Fachwissen und dessen Anwendung beispielsweise in Anlehnung an den Computational Thinking Test [RPJ17] konzipiert.

Auffällig bei der subjektiven Einschätzung der Teilnehmenden bei den Kompetenz/Wissens-Items zum Internet ist, dass diese auf Ebene I und II deutlich schwächer eingeschätzt wurden,

als die auf Ebene III. Diese Auffälligkeit könnte darin begründet liegen, dass in unserer modernen Medienkultur oft Themen wie das Internet oder Programmierung diskutiert und beurteilt werden, selten jedoch deren Funktionsweise im Detail erläutert wird. Dies könnte die Illusion erzeugen, dass diese Themen einfach zu beurteilen aber schwierig zu erklären oder anzuwenden sind. Darüber hinaus ist auffällig, dass die Pretest-Werte im Bereich der Vermittlungskompetenz vergleichsweise hoch sind. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass angehende Grundschullehrkräfte keinen engen Fächerkanon haben (wie angehende Lehrende für das Gymnasium oder die Oberschule), sondern es gewohnt sind, allgemeine didaktische Prinzipien und damit Vermittlungstechniken auf eine Vielzahl unterschiedlicher Lehrinhalte anzuwenden. Dadurch wäre es möglich, dass sie glauben, auch informatische Grundlagen „irgendwie“ an Schüler*innen vermitteln zu können, ohne die eigentlichen Inhalte im Detail durchdrungen zu haben. Wenn dies so ist, so können Angebote wie der hier vorgestellte Workshop einen großen Mehrwert bieten. Die starke Steigerung der Vermittlungskompetenz könnte an dieser Stelle auf das Aufzeigen vielfältig vorhandener Lehr-Lern-Materialien zurückzuführen sein, ohne dass das Vermitteln an sich erprobt wurde.

Im Sinne einer Absicherung der Daten wird angestrebt, die Wirkung des Workshops im Rahmen einer weiteren Durchführung mit einer Kontrollgruppe aus nicht teilnehmenden Grundschullehramtsstudierenden des Fachs Werken zu vergleichen. Im Sinne der guten Ergebnisse des Workshops soll das Angebot hinsichtlich seines Umfangs ausgeweitet werden. Im Fach Werken soll ein eigenständiges Seminar angeboten werden. Dafür werden neben den oben beschriebenen Inhalten auch weitere Inhalte wie „Funktionsweise des Internets“ und „Pixel und Binärzahlen“ bearbeitet.

7 Fazit

Der Beitrag hat gezeigt, welche Konzepte und Inhalte innerhalb eines universitären Workshops auf welche Art und Weise dazu genutzt werden können, angehenden Grundschullehrkräften, hier am Beispiel des Fachs Werken, Wissen und Kompetenzen der informatischen Grundbildung zu vermitteln. Dazu mussten nur wenig Materialien gänzlich neu entworfen werden. Vielmehr war es hierbei notwendig, die in der Community vorhandenen Materialien, Aufgabenstellungen und Werkzeuge (vgl. 2.3 Material) zusammenzutragen, aufeinander zu beziehen und für Lehramtsstudierende nachvollziehbar zu gestalten. Anschließend wurden die Konzepte und Inhalte direkt ins Lehramtsstudium transferiert und mit angehenden Lehrkräften evaluiert. Die Ergebnisse dieser Evaluation haben dabei gezeigt, welche Fortschritte (in ihrem Kompetenzerleben und in ihrer Wahrnehmung zur Vermittlung dieser Kompetenzen) die Teilnehmenden bei sich selbst durch den Workshop festgestellt haben. Unabhängig von diesen konkreten Ergebnissen leistet die Publikation einen Beitrag dazu, digitale und vor allem informatische Inhalte in den Lehrplänen expliziter zu beschreiben; denn nur dann, wenn Anknüpfungspunkte konkret benannt sind, können Aus- und Fortbildungsinhalte aufbauend auf dieser Grundlage konzipiert, umgesetzt und zwischen verschiedenen (Hochschul-)Standorten ausgetauscht werden.

Literatur

- [Ba21] Barkmin, M.; Bergner, N.; Bröll, L.; Huwer, J.; Menne, A.; Seegerer, S.: Informatik für alle?! – Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In: Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung. Universitätsverlag Rhein-Ruhr, S. 23, 2021, ISBN: 978-3-95605-082-4.
- [Be18] Bergner, N.; Köster, H.; Magenheimer, J.; Müller, K.; Romeike, R.; Schroeder, U.; Schulte, C.: Frühe informatische Bildung. Verlag Barbara Budrich, Opladen, Berlin, Toronto, 2018, ISBN: 978-3-8474-2107-8.
- [Be19] Best, A.; Borowski, C.; Büttner, K.; Freudenberger, R.; Fricke, M.; Haselmeier, K.; Herper, H.; Hinz, V.; Humbert, L.; Müller, D.; Schwill, A.; Thomas, M.: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich./, hrsg. von Gesellschaft für Informatik e.V., Place: Bonn, 2019, URL: https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informatische_Bildung_Primarbereich.pdf?sequence=1&isAllowed=y, Stand: 08.07.2021.
- [Br16] Brinda, T.; Diethelm, I.; Gemulla, R.; Romeike, R.; Schöning, J.; Schulte, C.: Dagstuhl-Erklärung./, hrsg. von Gesellschaft für Informatik e.V., 2016, URL: https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf, Stand: 08.07.2021.
- [DD20] DDI, LMU München: Unterrichtsmaterial für die Grundschule, 2020, URL: <https://www.edu.tum.de/ddi/schule/materialien/grundschule/>, Stand: 08.07.2021.
- [DRS18] Dörner, J.; Reinelt, P.; Schmuck, M.: CODE! Medienpädagogische Methoden für die Heranführung an Algorithmen und das Erlernen erster Programmierkenntnisse, hrsg. von UG, K. E., 2018, URL: https://kf-education.com/wp-content/uploads/2018/10/CODE_Handreichung_Web.pdf, Stand: 08.07.2021.
- [ENJ19] Etzold, H.; Noack, S.; Jurk, A.: Algorithmen im Alltag. Leitfaden für Lehrerinnen und Lehrer Teil 2: Unterrichtsblöcke, 2019, URL: https://dlgs.uni-potsdam.de/sites/default/files/u3/Leitfaden_Algorithmen_Teil_2.pdf, Stand: 08.07.2021.
- [GFH17] Geldreich, K.; Funke, A.; Hubwieser, P.: Willkommen im Programmierzirkus - Ein Programmierkurs für Grundschulen. In: Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. S. 327–334, 2017.
- [GWS19] Gärtig-Daug, A.; Werner, A.; Schmid, U.: „Wie funktioniert das?“ - Informatische Konzepte in der Vor- und Grundschule spielerisch begreifen und anwenden. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 377, 2019.
- [Hi19] Hildebrandt, Claudia: Skalenhandbuch Selbstwirksamkeitserwartung von Informatiklehrkräften, 2019, URL: <http://oops.uni-oldenburg.de/3808/1/2019-01-SkalenhandbuchHildebrandt.pdf>, Stand: 08.07.2021.

- [Hu20] Humbert, L.; Best, A.; Micheuz, P.; Hellmig, L.: Informatik – Kompetenzentwicklung bei Kindern. de, Informatik Spektrum 43/2, S. 85–93, Apr. 2020, ISSN: 0170-6012, 1432-122X, URL: <http://link.springer.com/10.1007/s00287-020-01247-6>, Stand: 08.07.2021.
- [Ku04] Kultusministerkonferenz: Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften./, 2004, URL: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf, Stand: 08.07.2021.
- [Ma18] Magenheimer, J.; Müller, K.; Schulte, C.; Bergner, N.; Haselmeier, K.; Humbert, L.; Müller, D.; Schroeder, U.: Evaluation of Learning Informatics in Primary Education: 11th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2018, St. Petersburg, Russia, October 10-12, 2018, Proceedings. In. S. 339–353, Okt. 2018, ISBN: 978-3-030-02749-0.
- [Mi19] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Handreichungen und Unterrichtsmaterial. Hinweise zur Schulung/Fortbildung. Projekt Informatik an Grundschulen (IaG), 2019, URL: <https://www.schulministerium.nrw.de/sites/default/files/documents/Handreichung-fuer-Lehrkraefte.pdf>, Stand: 08.07.2021.
- [Pr14] Prescher, C.: Erwerbstätige als Innovatoren: empirische Studien zu Bedingungen und Methoden der Förderung der Innovationsentwicklung. OCLC: 889968916, Kovač, Hamburg, 2014, ISBN: 978-3-8300-8027-5.
- [RPJ17] Romn-Gonzlez, M.; Prez-Gonzlez, J.-C.; Jimnez-Fernndez, C.: Which Cognitive Abilities Underlie Computational Thinking? Criterion Validity of the Computational Thinking Test. Comput. Hum. Behav. 72/C, Place: NLD Publisher: Elsevier Science Publishers B. V., S. 678–691, Juli 2017, ISSN: 0747-5632, URL: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>, Stand: 08.07.2021.
- [RW21] RWTH Aachen: Schülerlabor Informatik - InfoSphere, Informatik entdecken in Modulen für alle Schulformen & Klassenstufen, Mai 2021, URL: <https://schuelerlabor.informatik.rwth-aachen.de/>, Stand: 08.07.2021.
- [SS11] Schubert, S.; Schwill, A.: Didaktik der Informatik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011, ISBN: 978-3-8274-2653-6.
- [St17] Stiftung „Haus der kleinen Forscher“: Informatik entdecken - mit und ohne Computer. Berlin, 2017.
- [St19] Lehrplan Grundschule Werken./, hrsg. von Staatsministerium für Kultus Freistaat Sachsen, 2019, URL: https://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/15_lp_gs_werken_2019_final.pdf, Stand: 08.07.2021.
- [Th18] Thomas, Marco: Informatische Kompetenzen in der Grundschule - Sichtweisen und Bausteine. LOGIN 2018/189/190, S. 12–19, 2018, ISSN: 0720-8642.

Motivation, Fachinteresse und Schulleistung in Informatik: Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur Messung der fachbezogenen Lernmotivation in Informatik

Andreas Dengel¹ Ute Heuer²

Abstract: Auf Basis eines fachübergreifenden Fragebogens für schulische Lernmotivation wurde ein Kurzfragebogen für die adäquate Messung der Lernmotivation in Informatik (LMI) entwickelt. Der Fragebogen wurde in einer Studie mit 137 deutschen Schüler*innen evaluiert. Eine konfirmatorische Faktorenanalyse konnte die prognostizierten Faktoren intrinsische Motivation, introjizierte Motivation, identifizierte Motivation sowie extrinsische Motivation nachweisen. Auf Grundlage der Analyse wurden drei Items des ursprünglichen Fragebogenentwurfs durch theoretische Überlegungen zur weniger selbst-regulierten Lernmotivation im Fach Informatik entfernt. Diese Langfassung des LMI-Fragebogens wurde unter Beachtung von Reliabilitätskriterien um weitere vier Items auf eine LMI-Kurzfassung reduziert. Der finale LMI-Fragebogen umfasst zwölf Fragen und ist sowohl für Implementierungen in Kurzfragebögen als auch für ausführliche Untersuchungen geeignet. Die Praxistauglichkeit des validierten Fragebogens wurde in einer Studie mit weiteren 137 österreichischen Schüler*innen zu deren Lernmotivation und Fachinteresse im Fach Informatik getestet. Die Motivationsfaktoren zeigten Zusammenhänge zum Fachinteresse, dem Geschlecht sowie zur schulischen Leistung im Fach Informatik.

Keywords: Motivation, Fachinteresse, Schulleistung, Faktorenanalyse

1 Einführung

In der Lehr- und Lernforschung sind motivationale Konstrukte schon seit langem als Prädiktor schulischer Lernleistung bekannt. Motivation bildet als das zugrundeliegende „Warum?“ einen entscheidenden Faktor für Lernprozesse in der Schule. Dabei ist die akademische Lernmotivation, im Speziellen die kontextabhängige Motivation in ihrer Manifestation einer Lernmotivation bezüglich eines Schulfachs, relevant für Lernaktivitäten in ebenjenem Fach. Für Forschungen zu schulischen Lernprozessen ist eine Entwicklung geeigneter Messinstrumente zur fachlichen Lernmotivation daher unabdinglich; ein solches Instrument fehlt aber bislang für das Unterrichtsfach Informatik. Dieser Artikel widmet sich der Entwicklung eines Instruments zur Messung fachbezogener Lernmotivation in Informatik sowie des Berichts eines praktischen Einsatzes des entwickelten Fragebogens zusammen mit einem Instrument zur Erhebung von Fachinteresse.

¹ Universität Würzburg, Lehrstuhl für Schulpädagogik, Oswald-Külpe-Weg 82, 97074 Würzburg, Deutschland, andreas.dengel@uni-wuerzburg.de

² Universität Passau, Lehr- und Forschungseinheit Lehramtsausbildung Mathematik und Informatik, Innstraße 33, 94032 Passau, Deutschland, ute.heuer@uni-passau.de

2 Motivation als das „Warum?“ des Lernens

Die Self-Determination Theory von [DR85] geht davon aus, dass jeder Mensch psychologische Grundbedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Einbindung aufweist. Diese wirken auf die Motivation als das zugrundeliegende „Warum?“ aller Aktionen. Die Self-Determination Theory unterscheidet verschiedene motivationale Regulationsstile: Amotivation, externe Regulation, introjizierte Regulation, identifizierte Regulation, integrierte Regulation und intrinsische Motivation. Amotivation stellt durch das Fehlen einer impliziten oder expliziten Absicht keine Motivation im engeren Sinne dar. Die externe Regulation hängt von außenseitigen Einflüssen ab und zielt auf Belohnungen oder das Vermeiden negativer Konsequenzen ab. Introjizierte Regulation zielt auf selbstwertbezogene Kontingenzen ab: „Die Handlungsverursachung entspringt zwar der Person selbst, ist aber nicht der autonomen Kontrolle des Selbst zuzuordnen“ [HAT10]. Bei der identifizierten Regulation wird die persönliche Relevanz einer Handlung fokussiert. Die Sache selbst kann von geringem Interesse sein, während die Folgen eine hohe persönliche Bedeutung haben. Die integrierte Regulation, deren Erhebung schwer von der intrinsischen Motivation zu trennen ist, fokussiert in das Selbst des Menschen verinnerlichte Werte, welche allerdings ursprünglich von außen stammen. Die intrinsische Motivation ist als internes Konstrukt am meisten auf Selbstbestimmung aufgebaut und bestreitet Aufgaben und Tätigkeiten um ihrer selbst willen. Die intrinsische Motivation wird mit dem individuellen Interesse assoziiert [DR85]. Der Lernmotivation in Informatik haften geschlechtsspezifische Unterschiede an: [MS05] zeigen, dass Mädchen den Informatikunterricht eher wegen einer vermuteten allgemeinen Bedeutsamkeit des Computers bzw. aufgrund extrinsischer Gründe wählen. Bei Jungen hingegen ist eher ein generelles Interesse am Programmieren bzw. der technischen Seite der Informatik prävalent, wodurch sich die Wahl primär auf intrinsische Gründe zurückführen lässt.

Theoretische Rahmenmodelle zur Erklärung schulischer Lernleistung wie das Angebots-Nutzungs-Modell nach [HW97] sehen Motivation als einen wesentlichen Faktor auf der Seite der Lernenden. Eine Synthese aus über 800 Metaanalysen von [Ha09] konnte die Schlüsselrolle von Motivation, im Speziellen der intrinsischen Motivation, mit einer Effektstärke von $d = .48$ im Lernprozess bestätigen. Hattie stellt fest, dass Motivation neben Intelligenz eine der wichtigsten Voraussetzungen für gelingendes Lernen darstellt. Des Weiteren wirken die motivationalen Konstrukte komplex zusammen, weisen eine hohe Fachspezifität auf und zeigen Wechselwirkungen mit Faktoren wie Interesse [Ha09]. Auch auf die Lernleistung im Fach Informatik können stützende Persönlichkeitseigenschaften wie Neugier und Freude am Problemlösen, wie sie vor allem in der Ausprägung der intrinsischen Motivation zu finden sind, Einfluss nehmen [HM19]. Trotz der hohen Relevanz von Lernmotivation für das Lernen von informatischen Inhalten wird dieser Faktor bislang kaum als Prädiktor von Lernprozessen im Informatikunterricht untersucht [MDS19]. Lishinski und Yadav merken an, dass insbesondere bei den Faktoren Selbstwirksamkeitserwartung, Zielorientierung und metakognitive Selbstregulierung als motivationale Komponenten ein präzifizierender Effekt auf Lernaktivitäten zu informatischen Themen zu erwarten sei [LJ19].

3 Instrumententwicklung: Lernmotivation in Informatik

3.1 Fachübergreifende Messung von Lernmotivation

[HAT10] entwickelten auf Grundlage der Self-Determination Theory einen Schüler*innenfragebogen mit 19 Items zur Erhebung der Lernmotivation. Der Fragebogen wurde fächerübergreifend gestaltet. Der Fragebogen wurde mit zwei Stichproben ($N_1 = 869$, $N_2 = 897$) evaluiert. Die postulierten Skalen waren extrinsische Motivation (im Sinne von Deci und Ryans externaler Regulation), introjizierte Motivation, identifizierte Motivation und intrinsische Motivation. Die verwendeten Items waren trennscharf in Bezug auf die Skalen mit Trennschärfewerten $>.78$ für intrinsische Motivation, $>.67$ für identifizierte Motivation, $>.53$ für introjizierte Motivation und $>.39$ für extrinsische Motivation.

3.2 Messung von Lernmotivation im Fach Informatik

Der Originalfragebogen nach [HAT10] misst die Konstrukte fachbezogener Lernmotivation unabhängig vom konkreten Fach. Die Studie bezieht zwar 104 Schüler*innen im Fach Informatik mit ein, diese machen allerdings nur einen geringen Anteil (4,4 %) der Gesamterhebung aus. Die Ergebnisse wurden fachübergreifend und nicht spezifisch auf das Fach Informatik berichtet; Faktoranalysen zur Validierung der Fragebogentauglichkeit in Bezug auf die einzelnen Fächer fehlen. Es ist davon auszugehen, dass die Entwicklung von Lernmotivation bedingt ist durch die unterschiedlichen schulischen Rahmenbedingungen einzelner Fächer (Stundenzahl im Lehrplan, Relevanz und Übertragbarkeit der Inhalte auf den Alltag, Einfluss der Note auf den Abschluss und das Vorrücken, etc.). Eine Überprüfung der Messinstrumente für einzelne Fächer wird somit notwendig, um adäquate Aussagen über die fachbezogene Lernmotivation von Schüler*innen geben zu können. Der Originalfragebogen wurde angepasst, sodass die Ausgangsaussage spezifisch nach dem Fach Informatik fragt: „*Ich arbeite und lerne im Fach Informatik*“. Die Items selbst sowie die Messskala wurden beibehalten. Der resultierende Fragebogen wurde in einer Studie mit 137 Schüler*innen der Jahrgangsstufen sieben, acht, neun und zehn verschiedener Realschulen in Deutschland evaluiert.

Zur Klärung der Frage, ob sich alle fachübergreifenden motivationalen Fragen auch auf die Informatik anwenden lassen, wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt (Tab. 1). Die Stichprobe war für die Analyse geeignet ($KMO = .82$, p nach Bartlett $< .01$). Während die theoretische Grundlage von vier zu messenden Motivationskonstrukten (intrinsisch, identifiziert, introjiziert sowie externe Regulation) als gefestigt betrachtet werden kann, ist die Zuordnung der Items zu den Konstrukten für das Fach Informatik noch fraglich, weshalb ein Rotationsverfahren angewendet wurde. Die konfirmatorische Faktorenanalyse sollte damit die vier festgelegten Komponenten *intrinsische Motivation*, *identifizierte Motivation*, *introjizierte Motivation* und *extrinsische Motivation* (im Sinne einer externalen Regulation) bei einer unsicheren Itemzuordnung bestätigen. Weiter kann zwar von Interkorrelationen zwischen den motivationalen Konstrukten ausgegangen werden,

der Fragebogen verfolgt jedoch das Ziel, die einzelnen Konstrukte möglichst gezielt zu extrahieren, so dass sich bei der Wahl des Rotationsverfahrens für eine Varimax-Rotation und gegen ein oblimines Verfahren entschieden wurde.

Die gefundenen Komponenten korrespondieren im Gesamtbild mit den postulierten Motivationsfaktoren, allerdings wurde anhand der Faktorladungen eine Vermischung der Items zur Messung der identifizierten Motivation sowie der extrinsischen Motivation deutlich. Item M9 konnte aufgrund der Faktornebenladungen nicht ausreichend zwischen der Komponente *intrinsische Motivation* und *identifizierte Motivation* differenzieren. Ein Grund für eine mögliche gedankliche Zuordnung des Items M9 zur intrinsischen Motivation der Schüler*innen könnte in der hohen Relevanz von Informatik für Beruf und Alltag liegen: Ein späterer Nutzen könnte für die Schüler*innen sowohl im Sinne einer beruflichen Karriere als auch im Sinne eines Verständnisses für interessante technische Sachverhalte aus dem Alltag der Schüler*innen gesehen werden.

Schwieriger ist es, die Überschneidungen der Itemgruppen innerhalb der Faktoren *extrinsische Motivation* und *introjizierte Motivation* zu erklären. Während eine gedankliche Überschneidung des Items M14 mit M10 sowie der Items M19 und M12 aufgrund der Ähnlichkeit der Frage zu rechtfertigen ist, fehlt eine solche Erklärung für M15. Hier ist eine Idee, dass das Informatik inkludierende Fach an bayerischen Realschulen, Informationstechnologie, keinen ausschließlichen Fokus auf rein informatische Inhalte legt, sondern je nach Wahlpflichtfächergruppe andere Schwerpunkte setzt [BRN19]. Der vom Elternhaus entstehende Druck kann somit als geringer und eher als Wertschätzung der Eltern bewertet werden, analog zur klasseninternen sozialen Wertschätzung (ähnlich zu Item M12).

Aus diesen Gründen wurde der Fragebogen um die Items M9, M14, M15 und M19 reduziert. Dadurch ließ sich die Faktorenstruktur mit den von [HAT10] postulierten Konstruktzuordnungen der Items ohne Nebenladungen $>.40$ replizieren. Die Langversion des Fragebogens zur Messung von Lernmotivation in Informatik (LMI) besteht aus 15 Items: fünf Items zur intrinsischen Motivation, drei Items zur identifizierten Motivation, vier Items zur introjizierten Motivation und drei Items zur extrinsischen Motivation.

3.3 Entwicklung der Kurzfassung

Zur Entwicklung einer Kurzfassung des LMI-Fragebogens mit jeweils drei Items zur Messung der Motivationsfaktoren wurden die Cronbachs-Alpha Werte der Langfassung als Referenzgrundlage verwendet. Diese waren für die *intrinsische Motivation* (fünf Items, $\alpha = .84$) und die *introjizierte Motivation* (vier Items, $\alpha = .84$) gut, für die *identifizierte Motivation* (drei Items, $\alpha = .79$) akzeptabel und für die *extrinsische Motivation* (drei Items, $\alpha = .65$) fragwürdig. Zielvorgabe der Reduktion war es, bei einer Verringerung der Itemanzahl bei den zu reduzierenden Skalen *intrinsische Motivation* und *introjizierte Motivation* Reliabilitätswerte oberhalb des niedrigsten Cronbachs-Alpha-Werts des Faktors *extrinsische*

Tab. 1: Konfirmatorische Faktorenanalyse (Varimax-Rotation) mit den Originalitems des Fragebogens nach [HAT10]

Item		Komponente			
		1	2	3	4
<i>intrinsische Motivation</i>					
M1	... weil es mir Spaß macht.	.68			
M2	... weil ich neue Dinge lernen möchte.	.78			
M3	... weil ich es genieße, mich mit dem Fach auseinanderzusetzen.	.82			
M4	... weil ich gerne Aufgaben aus dem Fach löse.	.73			
M5	... weil ich gerne über Dinge des Faches nachdenke.	.76			
<i>identifizierte Motivation</i>					
M6	... um später eine bestimmte Ausbildung machen zu können (z.B. Schule, Lehre oder Studium).			.80	
M7	... weil ich damit mehr Möglichkeiten bei der späteren Berufswahl habe.			.82	
M8	... weil ich mit dem Wissen im Fach später einen besseren Job bekommen kann.			.77	
M9	... weil ich die Sachen, die ich hier lerne, später gut gebrauchen kann.	.59		.56	
<i>introjizierte Motivation</i>					
M10	... weil ich möchte, dass meine Lehrerin/mein Lehrer denkt, ich bin ein/e gute/r Schüler/in.		.73		
M11	... weil ich ein schlechtes Gewissen hätte, wenn ich wenig tun würde.		.62		
M12	... weil ich möchte, dass die anderen Schüler/innen von mir denken, dass ich ziemlich gut bin.		.73		
M13	... weil ich mich vor mir selbst schämen würde, wenn ich es nicht tun würde.		.50		
<i>extrinsische Motivation</i>					
M14	... weil ich von meiner Lehrerin/meinem Lehrer ein Lob bekommen möchte.		.78		
M15	... weil ich sonst von zu Hause Druck bekomme.		.53		
M16	... weil ich sonst Ärger mit meiner Lehrerin/ meinem Lehrer bekomme.				.60
M17	... weil ich sonst schlechte Noten bekomme.				.54
M18	... weil ich es einfach lernen muss.				.69
M19	... weil ich in den Prüfungen besser abschneiden möchte als meine Mitschüler/innen.		.71		

Note. Faktorladungen unter .40 wurden unterdrückt.

Motivation zu erzielen. Eine Streichung der Items M1, M4 und M10 beließ die Skalen *intrinsische Motivation* (drei Items, $\alpha = .77$) und *introjizierte Motivation* (drei Items, $\alpha = .69$) innerhalb der Zielvorgabe. Tabelle 2 zeigt die Faktorladungen der LMI-Kurzfassung.

Tab. 2: Konfirmatorische Faktorenanalyse (Varimax-Rotation), reduzierte Items der LMI-Kurzfassung

Item		Komponente			
		1	2	3	4
<i>intrinsische Motivation</i>					
M2	... weil ich neue Dinge lernen möchte.	.79			
M3	... weil ich es genieße, mich mit dem Fach auseinanderzusetzen.	.82			
M5	... weil ich gerne über Dinge des Faches nachdenke.	.82			
<i>identifizierte Motivation</i>					
M6	... um später eine bestimmte Ausbildung machen zu können (z.B. Schule, Lehre oder Studium).			.83	
M7	... weil ich damit mehr Möglichkeiten bei der späteren Berufswahl habe.			.85	
M8	... weil ich mit dem Wissen im Fach später einen besseren Job bekommen kann.			.77	
<i>introjizierte Motivation</i>					
M10	... weil ich möchte, dass meine Lehrerin/mein Lehrer denkt, ich bin ein/e gute/r Schüler/in.		.72		
M11	... weil ich ein schlechtes Gewissen hätte, wenn ich wenig tun würde.		.82		
M13	... weil ich mich vor mir selbst schämen würde, wenn ich es nicht tun würde.		.73		
<i>extrinsische Motivation</i>					
M16	... weil ich sonst Ärger mit meiner Lehrerin/ meinem Lehrer bekomme.				.67
M17	... weil ich sonst schlechte Noten bekomme.				.58
M18	... weil ich es einfach lernen muss.				.70

Note. Faktorladungen unter .40 wurden unterdrückt.

Es wird deutlich, dass die Kurzfassung des LMI-Fragebogens mit jeweils drei Items pro motivationalem Konstrukt ausreichend ist, um die Faktoren zu trennen. Damit ist der entwickelte LMI-Fragebogen sowohl für eine Einbettung in kurze Untersuchungen zur Messung von Lernmotivation im Fach Informatik (beispielsweise zum Vergleich mittelfristiger Maßnahmen zur Steigerung intrinsischer Motivation), als auch als Teil ausführlicher Untersuchungen zur Messung mehrerer Lernfaktoren geeignet. Es bleibt offen, ob die ausgewählten Items

bestmöglich für eine Erhebung der Lernmotivation in Informatik geeignet sind. Auch das motivationale Konstrukt der Amotivation wurde im Fragebogendesign nicht mit einbezogen. Ein weiterer Aspekt ist die Gestaltungskomponente: Gerade im Hinblick auf das eigene Kompetenzerleben ist die Gestaltung eigener Programme, Roboter, 3D-Drucke, etc. durch die Schüler*innen interessant und sollte in eine zukünftige Motivationsmessung im Informatikunterricht Eingang finden. Die Formulierung neuer Items auf Grundlage der Analyseergebnisse verbleibt somit ein Forschungsdesiderat.

4 Praxistest: Einsatz des LMI-Fragebogens

Zur Erprobung des entwickelten Instruments im praktischen Einsatz wurden bereits erste Pilotstudien zum Einsatz von Virtual Reality im Informatikunterricht durchgeführt, in welchen die Kurzform des Fragebogens Anwendung fand (siehe u.a. [DM19] und [DM20]). Für eine ausführliche Evaluation wurde nun eine weitere Untersuchung durchgeführt, bei der neben der Lernmotivation in Informatik auch die Schulleistung, das Fachinteresse, die Jahrgangsstufe sowie das Geschlecht erhoben wurde.

Folgende aus Kapitel 2 entstammende Hypothesen wurden überprüft:

1. Die Formen der Lernmotivation im Fach Informatik korrelieren abhängig vom Grad der Selbst-Regulation und der Externalisierung mit dem Fachinteresse an Informatik (a: intrinsische Motivation korreliert positiv mit Fachinteresse, b: identifizierte Motivation korreliert positiv mit Fachinteresse, c: introjizierte Motivation korreliert negativ mit Fachinteresse, d: extrinsische Motivation korreliert negativ mit Fachinteresse).
2. Die Formen der Lernmotivation in Informatik korrelieren in Abhängigkeit der Grade von Selbst-Regulation und Externalisierung mit der Schulleistung (a: intrinsische Motivation korreliert positiv mit Schulleistung, b: identifizierte Motivation korreliert positiv mit Schulleistung, c: introjizierte Motivation korreliert negativ mit Schulleistung, d: extrinsische Motivation korreliert negativ mit Schulleistung).
3. Fachinteresse korreliert positiv mit der Schulleistung.
4. Schüler haben eine höhere intrinsische Lernmotivation gegenüber Informatik als Schülerinnen.
5. Die Jahrgangsstufe prädiziert die Lernmotivation für das Fach Informatik (a: Eine höhere Jahrgangsstufe prädiziert eine höhere intrinsische Lernmotivation, b: Eine niedrigere Jahrgangsstufe prädiziert eine höhere extrinsische Lernmotivation).

4.1 Stichprobe

Die Studie wurde mit 137 Schüler*innen (79 weiblich) aus einem Gymnasium in Österreich durchgeführt. Die Klassen waren über die Jahrgangsstufen fünf (2.9%), sechs (8.1%), sieben (25.5%), neun (35.8%), zehn (12.4%), elf (11.7%) und zwölf (2.9%) verteilt.

4.2 Instrumente

Der eingesetzte Fragebogen setzte sich aus einem allgemeinen Teil, einem Teil zum Fachinteresse im Fach Informatik sowie einem Teil zur Erhebung der Lernmotivation in Informatik zusammen. Der allgemeine Teil fragte die Schüler*innen nach ihrem Geschlecht, ihrer Jahrgangsstufe sowie nach ihrer letzten Halbjahresnote im Fach Informatik. Das Fachinteresse wurde mithilfe eines von [BTS17] evaluierten Fragebogens (acht Items, davon ein Item negativ gepolt, $\alpha = .86$) zum Fachinteresse im Fach Informatik abgefragt. Zur Erhebung der Lernmotivation in Informatik wurde der oben beschriebene LMI-Fragebogen verwendet: Hierbei wurden die Skalen intrinsische Motivation (drei Items, $\alpha = .79$), identifizierte Motivation (drei Items, $\alpha = .77$), introjizierte Motivation (drei Items, $\alpha = .64$) und extrinsische Motivation (drei Items, $\alpha = .63$) erhoben.

4.3 Ergebnisse

Die eher selbst-regulierten Formen der Motivation intrinsische Motivation ($M = 3.02$, $SD = 1.04$) und identifizierte Motivation ($M = 3.37$, $SD = 1.00$) waren bei den Schüler*innen stärker als die eher external-regulierten Formen introjizierte Motivation ($M = 2.45$, $SD = 1.02$) und extrinsische Motivation ($M = 2.61$, $SD = .67$). Das Fachinteresse der Schüler*innen lag auf einem mittleren Niveau ($M = 2.61$, $SD = .67$).

Die meisten motivationalen Konstrukte korrelierten untereinander (Tab. 3). Zwischen der intrinsischen Motivation und dem Fachinteresse wurde eine starke Korrelation festgestellt ($r = .84$, $p < .01$). Die identifizierte Motivation und das Fachinteresse korrelierten ebenfalls auf einem schwachen Niveau ($r = .33$, $p < .01$). Zwischen der extrinsischen Motivation und dem Fachinteresse wurde eine moderate negative Korrelation gemessen ($r = -.51$, $p < .01$). Introjizierten Motivation und Fachinteresse zeigten keine signifikante Korrelation.

Nur die intrinsische Motivation korrelierte schwach mit der Schulleistung ($r = .19$, $p < .05$). Zwischen anderen motivationalen Konstrukten und der Schulleistung bzw. zwischen dem Fachinteresse und der Schulleistung wurden keine signifikanten Korrelationen festgestellt.

Die intrinsische Motivation bei Schülern ($M = 3.49$, $SD = .13$) war höher als bei Schülerinnen ($M = 2.69$, $SD = .11$). Ein T-Test zeigte einen signifikanten Effekt des Geschlechts auf die intrinsische Motivation ($t(133) = -4.75$, $p < .01$, $d = -6.64$).

Die intrinsische Motivation nimmt über die Jahrgangsstufen hinweg ab. Die Jahrgangsstufe prädizierte die intrinsische Motivation ($\beta = -.20$, $t(132) = -2.39$, $p < .05$). Es gibt keine signifikanten Anzeichen für einen derartigen Effekt in Bezug auf die extrinsische Motivation.

Tab. 3: Korrelationen zwischen den motivationalen Konstrukten, Fachinteresse und Schulleistung

	1	2	3	4	5
1. intrinsische Motivation	1.00				
2. identifizierte Motivation	.36**	1.00			
3. introjizierte Motivation	.06	.05	1.00		
4. extrinsische Motivation	-.39**	-.08	.54**	1.00	
5. Fachinteresse	.84**	.33**	.02	-.51**	1.00
6. Schulleistung	.19*	.09	.00	.02	.15

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$

4.4 Diskussion und Fazit

Die vorliegende Studie wollte herausfinden, wie die Lernmotivation für Informatik mit anderen Faktoren des Lernprozesses seitens der Lernenden sowie mit dem Lernerfolg zusammenhängen. Während zwischen dem Fachinteresse und den Motivationsformen intrinsische Motivation, identifizierte Motivation und extrinsische Motivation signifikante Zusammenhänge festgestellt werden konnten, blieb ein Einfluss zwischen dem Fachinteresse und der introjizierten Motivation aus. H1 kann somit nicht generalisiert werden und ist abzulehnen (ebenso H1_c). Die Hypothesen H1_a, H1_b sowie H1_d können dagegen beibehalten werden. Das Fachinteresse scheint positiv mit den eher selbst-regulierten Formen der Motivation und negativ mit einer external regulierten Motivation zusammenzuhängen.

Zwar korrelierten intrinsische Motivation und Schulleistung und stützen damit die Postulate von [LJ19]; andere Variablen konnten allerdings nicht signifikant als lernleistungsrelevante Indikatoren identifiziert werden. H2 ist damit nicht generalisierbar und ist abzulehnen (ebenso H2_b, H2_c und H1_c). Auch H3 ist abzulehnen. Intrinsische Motivation scheint damit ein besserer Indikator für Schulleistung zu sein als etwa Fachinteresse. Dieser Zusammenhang sollte aber aufgrund der eher niedrigen Korrelation nicht überbewertet werden. Die Richtung des Zusammenhangs zwischen intrinsischer Motivation und Lernleistung lässt sich anhand dieser Studie nicht feststellen.

Die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen stützen die Ergebnisse von [MS05]. Jungen haben eine höhere intrinsische Motivation für das Lernen in Informatik als Mädchen; H4 kann beibehalten werden. Die Jahrgangsstufe scheint die intrinsische Lernmotivation gegenüber Informatik zu präzisieren. Während eine Generalisierung nicht möglich ist und H5 sowie H5_b abzulehnen sind, ergaben sich interessante Effekte zur intrinsischen Motivation und H5_a. Die Annahme von H5_a, intrinsische Motivation für das Lernen in Informatik würde mit steigender Jahrgangsstufe aufgrund einer stärkeren Bewusstheit des Alltagsbezugs zunehmen, ließ sich nicht nur nicht bestätigen; vielmehr konnten signifikante Korrelationen festgestellt werden, welche Anzeichen für die Gültigkeit der Gegenhypothese „Die intrinsische Motivation nimmt mit steigender Jahrgangsstufe ab“ geben.

Ziel dieses Beitrags war es, ein Instrument zur fachspezifischen Messung von Lernmotivation in Informatik zu entwickeln. Der LMI-Fragebogen trennt die motivationalen Konstrukte intrinsische, identifizierte, introjierte und extrinsische Motivation und wurde in einer praktischen Studie eingesetzt. Die Studienergebnisse legen nahe, dass sich die intrinsische Motivation als Prädiktor für Schulleistung in Informatik eignet. Intrinsische, identifizierte und extrinsische Formen der Motivation sind mit dem Fachinteresse assoziiert. Das Geschlecht und die Jahrgangsstufe sind Prädiktoren für intrinsische Motivation. Weitere Forschungen sind jedoch notwendig, um die genaue Rolle von Motivation im schulischen Kontext für das Fach Informatik und die daran gekoppelten Lernprozesse zu bestimmen.

Literaturverzeichnis

- [BRN19] Bayerisches Realschulnetz: Wahlpflichtfächergruppen. <http://www.realschulebayern.de/realschule/realschule-in-bayern/wahlpflichtfaechergruppen>, Stand: 17.02.2019
- [BTS17] Brinda, T., Tobinski, D., Schwinem, S.: Measuring Learners' Interest in Computing (Education): Development of an Instrument and First Results. In: Webb, M. and Tatnall, A. (eds.): Proceedings of the World Congress on Computers in Education. Springer, Cham, 2017.
- [DM19] Dengel, A., Mägdefrau, J.: Presence Is the Key to Understanding Immersive Learning. In: 5th Annual Immersive Learning Research Network Conference, London, 2019.
- [DM20] Dengel, A., Mägdefrau, J.: Immersive Learning Predicted: Presence, Prior Knowledge, and School Performance Influence Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments. In: 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network.
- [DR85] Deci, E.L., Ryan, R.M.: Intrinsic motivation and Self-Determination in Human Behavior, New York: Plenum Press, 1985.
- [HAT10] Hanfstingl, B., Andreitz, I., Thomas, A., Müller, F.H.: Evaluationsbericht Schüler- und Lehrerbefragung 2008/09. Interner Arbeitsbericht. Klagenfurt: Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung, 2010.
- [Ha09] Hattie, J.A.C.: Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London, UK: Routledge, 2009.
- [HM19] Hildebrandt, C., Matzner, M.: Identifizierung leistungsstarker Schülerinnen und Schüler in der Informatik. In: Arno Pasternak (Hrsg.): Informatik für alle. Bonn, 2019.
- [HW97] Helmke, A., Weinert, F.: Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. Max-Planck-Inst. für Psychologische Forschung, 1997.
- [LY19] Lishinski, A., Yadav, A.: Motivation, Attitudes, and Dispositions. In: Sally A. Fincher, Anthony V. Robins (eds.): The Cambridge Handbook of Computing Education Research. Cambridge, 2019.
- [MDS19] Margulieux, L.E., Dorn, B., Searle, K.A.: Learning Sciences for Computing Education. In: Sally A. Fincher, Anthony V. Robins (eds.): The Cambridge Handbook of Computing Education Research. Cambridge, 2019.
- [MS05] Magenheimer, J., Schulte, C.: Erwartungen und Wahlverhalten von Schülerinnen und Schülern gegenüber dem Schulfach Informatik – Ergebnisse einer Umfrage. In: Steffen Friedrich (Hrsg.): Unterrichtskonzepte für informatische Bildung. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 2005.

Quanteninformatik als Thema und Aufgabengebiet informatischer Bildung

Tilman Michaeli¹, Stefan Seegerer², Ralf Romeike³

Abstract: Quantentechnologien gehören derzeit zu den vielversprechendsten technologischen Entwicklungen, wobei insbesondere der Quanteninformatik eine entscheidende Bedeutung zukommt. Damit einher gehen vielversprechende Möglichkeiten, aber auch neue Herausforderungen für unsere Gesellschaft. Allerdings steht die Quanteninformatik als Gegenstand informatischer Bildung noch in den Anfängen. Ziel dieses Beitrags ist es, Quanteninformatik als Thema und Aufgabengebiet der informatischen Bildung zur Diskussion zu stellen und eine erste Annäherung an zentrale Begriffe und Ideen sowie deren Erklärungsansätze vorzunehmen. Mithilfe eines explorativen Fokusgruppen-Interviews mit Expertinnen und Experten werden in der vorliegenden Untersuchung fünf wesentliche Ideen der Quanteninformatik identifiziert. Anhand einer Literaturanalyse werden anschließend verschiedene Erklärungsansätze für diese Ideen herausgearbeitet, kategorisiert und kontrastiert. Die Ergebnisse tragen damit zur Erschließung der Quanteninformatik für die informatische Bildung bei und werfen weitere Fragestellungen für die informatikdidaktische Forschung auf.

Keywords: Quanteninformatik; Quantencomputing; Ideen; Erklärungsansätze; Fokusgruppen

1 Einleitung

Mit der digitalen Transformation haben Computertechnologien Einzug in nahezu alle Lebensbereiche gehalten und begegnen den Bürgerinnen und Bürgern in Form von immer weiteren informationstechnischen Innovationen, wie bspw. eingebetteten ubiquitären Systemen, Big Data oder Künstlicher Intelligenz. Ein wesentlicher Treiber dieser Entwicklungen ist die Wissenschaft Informatik. Gegenstand der informatischen Bildung ist es, die korrespondierenden Grundlagen, Anwendungsmöglichkeiten und Implikationen dieser Technologien jungen wie älteren Menschen näherzubringen und begreifbar zu machen. Hierzu sollten im Sinne der fundamentalen Ideen der Informatik langfristig bedeutsame Entwicklungen aufgegriffen werden, ohne kurzfristigen „Moden“ zu folgen.

Eine zunehmend präzise Entwicklung an der Schnittstelle zwischen Physik, Mathematik und Informatik stellen Quantentechnologien dar, welche in Form des Quantencomputing als neues Paradigma bedeutende Fortschritte und Herausforderungen für die Informatik bedeutet, die im Rahmen der Quanteninformatik betrachtet werden. Auch wenn heutige informatische

¹ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, tilman.michaeli@fu-berlin.de

² FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, stefan.seegerer@fu-berlin.de

³ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, ralf.romeike@fu-berlin.de

Systeme bereits auf quantenphysikalischen Prozessen aufbauen, ergeben sich erst aus den jüngeren Entwicklungen der sogenannten „zweiten Quantenrevolution“ potenziell gesellschaftsverändernde Möglichkeiten und Herausforderungen. Eine in der Quanteninformatik verortete Frage ist bspw., wie sich neue Quantentechnologien auf die informationstechnische Sicherheit (Security) und Privatheit (Privacy) von Bürgerinnen und Bürgern, aber auch von staatlichen und wirtschaftlichen Akteuren auswirken. So können bereits heute schon sensible Daten ohne quantenresistente Verschlüsselung aus Netzwerken abgegriffen, gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt durch Quantencomputer entschlüsselt werden. Gleichzeitig schafft die Quantenkommunikation neue Möglichkeiten abhörsicherer Übertragungen. Ein weiterer wichtiger Anwendungsbereich des Quantencomputing ist die Simulation. Hier versprechen Quantencomputer bspw. in der Arzneimittelforschung oder der Meteorologie enorme Effizienzgewinne. Damit bringen Quantentechnologien sowohl große zivilgesellschaftliche Chancen als auch Risiken mit sich, die eine informierte öffentliche Debatte verlangen. Quantencomputer und Quanteninformatik (regelmäßig auch subsumiert unter *Quantencomputing*) haben hierbei einen besonderen Stellenwert.

Trotz zunehmender Präsenz in den Medien und wachsender Bedarfe in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft steht die Quanteninformatik als Themengebiet der informatischen Bildung – im Gegensatz bspw. zum Stellenwert im Unterrichtsfach Physik – noch am Anfang. Ziel dieses Beitrags ist es, Quanteninformatik als Thema und Aufgabe der informatischen Bildung zur Diskussion stellen und auf Basis einer Expertenbefragung eine erste Annäherung an zentrale Begriffe, Ideen und geeignete Erklärungsansätze bereitzustellen.

2 Hintergrund und Forschungsstand

Informationsverarbeitung auf Grundlage der Quantenphysik unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von der herkömmlichen Art der Informationsverarbeitung: Während ein klassischer Computer Informationen mit Bits darstellt, die entweder den Wert 0 oder den Wert 1 annehmen können, nutzt ein Quantencomputer sogenannte *Qubits*. Ein Qubit kann ebenso den Wert 0 bzw. den Wert 1 annehmen oder in einer sogenannten *Superposition* sein. In diesem Fall hat es eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, als 0 oder als 1 gemessen zu werden. Eine Messung zerstört allerdings die Superposition. Außerdem können Qubits miteinander *verschränkt* – d. h. zueinander in Abhängigkeit gebracht – werden, was es erst ermöglicht, beliebige Quantenzustände herzustellen und damit Quantenüberlegenheit zu erreichen. Unter Ausnutzung von Superposition und Verschränkung versuchen *Quantenalgorithmen*, bestimmte Probleme wie die Primfaktorzerlegung [Sh99], die Suche in Datenbanken [Gr96] oder Simulationen [Za98] deutlich schneller zu lösen als klassische Supercomputer: Während n klassische Bits nur in einem der 2^n möglichen Zustände sein können, können mit n Qubits 2^n Zustände gleichzeitig repräsentiert werden, wobei jedem Zustand eine bestimmte Wahrscheinlichkeit zugeordnet ist. Quantenalgorithmen manipulieren die Qubits durch Anwendung spezieller *Quantengatter* so, dass am Ende mit hoher Wahrscheinlichkeit ein richtiges Ergebnis gemessen wird.

Zum Verständnis von Quantentechnologien können die drei direkt beteiligten Wissenschaften Physik, Mathematik und Informatik beitragen und jeweils als Perspektive und Einstieg in den Themenbereich dienen. So existieren verschiedene physikdidaktische Vorschläge, Grundlagen der Quantenphysik in der Schule zu adressieren, bspw. mit Lichtexperimenten [Er12a], im physikdidaktischen Schülerlabor [Er12b] oder über das Doppelspaltexperiment, um hieran exemplarisch zentrale Inhalte und Fragen der Quantenphysik zu verdeutlichen [Le99]. Ein physikdidaktischer Zugang zum Quantencomputing existiert bspw. für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II [Ru19], der allerdings vertiefte Mathematikkenntnisse erfordert. Auch wenn Quantencomputing als Thema der informatischen Bildung bisher allenfalls in Nischen auftritt, findet es sich inzwischen in einzelnen universitären Lehrveranstaltungen in Bachelor- (bspw. [La17]) oder Masterinformatikstudiengängen (bspw. [LM18; Un19]). Billig [Bi18] adressiert Quantencomputing für die Sekundarstufe mit entsprechend einfachen Mathematikkenntnissen, bspw. durch didaktische Vereinfachung der zentralen Begriffe und Vermeidung komplexer Zahlen. Zur Verdeutlichung der Potenziale des Quantencomputing werden hierbei zunächst klassische Computersysteme und kryptografische Verfahren beschrieben, um darauf aufbauend die Besonderheiten, Stärken und Herausforderungen der Quantentechnologie herauszustellen. Einen ersten Vorschlag für Schlüsselkonzepte des Quantencomputing legen QISLearners [Al20] vor. Weitere Curricula für die Sekundarschule berücksichtigen den MINT-Kontext [Sa18], verwenden problemorientiertes Lernen und den IBM Quantum Circuit Designer [Pe19] oder schlagen Quantencomputing-Aktivitäten in Ergänzung zum regulären Unterricht vor [Su19]. Wootton [Wo18] beschreibt einen Ansatz zum Einstieg mittels einer Denkspiel-App, mit der interessierte Personen ab fünf Jahren spielerisch mit Qubits und Quantengattern umgehen lernen können. Darüber hinaus vermitteln eine Reihe an Erklärvideos auf Videoplattformen die Grundlagen von Quantentechnologien auf unterschiedlichen Niveaus. Wissenschaftliche Untersuchungen bzw. informatikdidaktische Forschungserkenntnisse liegen zu den o. g. Ansätzen, die sich vor allem der inhaltlichen Aufbereitung widmen, noch nicht vor.

3 Vorgehen

Im Folgenden soll eine erste informatikdidaktische Annäherung an das Thema Quanteninformatik explorativ unter Einbeziehung von Expertinnen und Experten erfolgen. Dazu werden (1) zunächst literaturbasiert zentrale Begriffe und Konzepte sowie relevante Fragen und Klärungsbedarfe identifiziert, die im Sinne einer *fachlichen Klärung* essentiell für die Erschließung des Themengebiets sind [HNR07], (2) expertenbasiert erste Einschätzungen vorgenommen und Kandidaten für zentrale Ideen der Quanteninformatik bestimmt sowie (3) zur Fundierung der didaktischen Bestandsaufnahme existierende Erklärungsansätze für die resultierenden Ideen analysiert und kontrastiert. Zur Diskussion und Bewertung der im ersten Schritt identifizierten Begriffe und Fragestellungen wurde im zweiten Schritt eine Expertenbefragung in Form eines Fokusgruppen-Interviews durchgeführt. Diese teilstandardisierte Erhebungsmethode eignet sich vor allem wegen ihres explorativen Charakters und aufgrund des diskursiven Austauschs, der zu einer Konsensfindung beiträgt [BD06]. Die

Expertinnen und Experten wurden dazu über den Arbeitskreis „Quantencomputing“ der Gesellschaft für Informatik angesprochen und zeichnen sich sowohl durch fachliche Expertise im Forschungsgebiet der Quanteninformatik als auch durch eine korrespondierende fachliche Lehrerfahrung aus. Für den online durchgeführten Workshop konnten neun Personen gewonnen werden. Die Expertinnen und Experten wurden vorab zunächst mithilfe eines teilstandardisierten Fragebogens zu der Bezeichnung des Fachgebiets, zentralen Begriffen, Anwendungsmöglichkeiten und gesellschaftlichen Auswirkungen der Quanteninformatik befragt. Die Ergebnisse dieser schriftlichen Befragung wurden für die Gruppendiskussion aufbereitet und zusammengefasst. Damit diente der Aufbau des Fragebogens auch als Leitfaden für die Fokusgruppe, in der eine Diskussion der Ergebnisse sowie eine Strukturierung zentraler Begrifflichkeiten hin zu Ideen der Quanteninformatik und deren Priorisierung erfolgte. Darüber hinaus wurden Follow-up-Interviews mit ausgewählten Teilnehmenden durchgeführt. Im dritten Schritt wurden mithilfe einer Literaturanalyse Erklärungsansätze für die identifizierten Ideen herausgearbeitet, kategorisiert und kontrastiert. Dazu wurde der insgesamt 17 Dokumente umfassende Literaturkorpus (Kinderbücher, Lehrbücher, Schulcurricula und populärwissenschaftliche Bücher, die sich mit dem Thema Quanteninformatik auseinandersetzen) herangezogen und mithilfe einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [Ma10] hinsichtlich wiederkehrender Muster in den Erklärungsansätzen für die entsprechenden Ideen untersucht.

4 Ergebnisse

4.1 Fachliche Klärung

Mit dem Ziel, längerfristig und übergreifend als wichtig erachtete Ideen der Quanteninformatik zu identifizieren, wurde zunächst mithilfe einer explorativen Analyse einschlägiger Fachliteratur und Lehrwerke für unterschiedliche Zielgruppen (siehe oben) ein erster Überblick über die relevanten Begriffe und damit Schwerpunkte und Dimensionen des Themenfeldes gewonnen. Hierbei zeigte sich, dass offenbar ein gewisser Konsens hinsichtlich für das Fachgebiet relevanter Themen und Begriffe vorliegt, der sich in einem Kern wiederkehrender und in allen analysierten Dokumenten ähnlich gebrauchter Begriffe widerspiegelt (vgl. auch Begriffe in Tab. 1) – weitgehend unabhängig von der Zielgruppe der Literatur. Aufgrund ihres Stellenwerts in der Literatur kann angenommen werden, dass die Begriffe auch aus Perspektive der informatischen Bildung und damit für das Verständnis der Quanteninformatik zentral sind und als Ansatz für das Bestimmen zentraler Ideen herangezogen werden können.

Darüber hinaus ergaben sich eine Reihe weiterer Fragen. So werden in der entsprechenden Literatur mit *Quantencomputing*, *Quanteninformatik* oder seltener auch *Quanteninformatiktheorie* unterschiedliche Termini zur Bezeichnung des Fachgebiets als solches verwendet. Es stellt sich hier die Frage, welche Begrifflichkeit aus Perspektive der informatischen Bildung am geeignetsten erscheint. Weiterhin hat es sich als zielführend erwiesen, neben

Begriff	#	Begriff	#	Begriff	#
Qubit	8	Zustand	2	Quanteninformati- onsverarbeitung	1
Verschränkung	8	Messung	2	Quantenkommunikation	1
Quantenschaltkreis / -gatter	5	Quantensimulation	2	Quanten- beschleunigung	1
Superposition	5	Dekohärenz	2	Bloch-Sphäre	1
Quantenkryptographie	5	Teleportation	2	Supremacy	1
Quantencomputer	4	Quanteninternet	2	Quantum Advantage	1
Quantenalgorithmus	2	Fehleranfälligkeit	2	Photon	1
Quantenparallelismus	2	Quanteninformati- on	1		

Tab. 1: Zentrale Begriffe und Anzahl der Nennungen.

der technologischen Perspektive (vgl. Dagstuhl-Dreieck) auch die Nutzungsmöglichkeiten und gesellschaftlichen Auswirkungen in den Blick zu nehmen. In der analysierten Literatur finden sich allerdings fast ausschließlich Ausführungen zur technologischen Perspektive. Anwendungsmöglichkeiten und auch gesellschaftliche Auswirkungen der Quanteninformatik werden lediglich angedeutet, sodass diese Frage ebenso in die Expertenrunde getragen wurde.

4.2 Ergebnisse des Fokusgruppen-Interviews

Quantencomputing oder Quanteninformatik? Mit der informatikdidaktischen Erschließung des neuen Fachgebiets stellt sich die Frage der adäquaten Bezeichnung. Das auf Basis des Fragebogens noch zunächst sehr uneindeutige Stimmungsbild wurde im Verlauf des Diskurses in der Fokusgruppe zugunsten des Begriffs *Quanteninformatik* aufgelöst: Obgleich Quantencomputing bekannter und damit öffentlichkeitswirksamer sei, stimmten die Expertinnen und Experten dem Ergebnis unserer fachlichen Klärung zu, dass der Begriff Quanteninformatik weiter gefasst sei und auch alle aktuellen Forschungsfelder wie z. B. Quantenkryptographie und Quanteninternet mit einbeziehe. Aus Perspektive der informatischen Bildung ist daher der Begriff Quanteninformatik zu wählen.

Zentrale Begriffe. Begriffe können bei der Bestimmung, Präzisierung und Priorisierung eines Fachgebiets helfen. Mit diesem Ziel wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Rahmen des Fragebogens gebeten, die aus ihrer Sicht sieben wichtigsten Begriffe zum Thema, die jede bzw. jeder kennen sollte, zu nennen (vgl. Tab. 1). Im Fokusgruppen-Interview wurden diese Begriffe zunächst gemeinsam gruppiert bzw. kombiniert. So wurden beispielsweise die Begriffe Quantenparallelismus, Quantenbeschleunigung und Quantum Advantage zusammengefasst. Dabei wurde insbesondere auf ein ähnliches Abstraktionsniveau geachtet. Darüber hinaus wurden die Begriffe gemeinsam priorisiert und diejenigen ausgewählt, die

zu einem grundlegenden Verständnis beitragen und somit einen Zugang zum Fachgebiet eröffnen – auch vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen Perspektive. So wurden etwa Quanteninternet bzw. -kommunikation oder Quantensimulation, die sich vor allem auf spezielle Anwendungen konzentrieren, als weniger relevant eingestuft.

Zentrale Ideen. Im Nachgang an die Interviews wurden die begriffsbezogenen wichtigsten nichttrivialen Konzepte in Form von Ideen ausformuliert und mit Follow-up-Interviews abgesichert. Die finalen 5 Kandidaten für diese Ideen lauten wie folgt:

1. **Superposition:** Qubits in einer Superposition aus 0 und 1 haben eine bestimmte Wahrscheinlichkeit als 0 bzw. als 1 gemessen zu werden.
2. **Verschränkung:** Der Zustand von mehreren verschränkten Qubits lässt sich nicht durch die Angabe eines individuellen Quantenzustands für jedes Qubit beschreiben.
3. **Quantencomputer:** Quantencomputer können bestimmte – aber nicht alle – Probleme effizienter lösen als klassische Computer.
4. **Quantenalgorithmus:** Bei einem Quantenalgorithmus wird mithilfe von Quantengattern der Zustand der Qubits so beeinflusst, dass die Wahrscheinlichkeit steigt, eine richtige Lösung zu messen.
5. **Quantenkryptographie:** Quantenkryptographie nutzt die Fragilität der Qubits, um abhörsichere Kommunikation zu ermöglichen.

Anwendungs- und gesellschaftliche Perspektive. Aus den Antworten der Expertinnen und Experten gehen drei zentrale Anwendungsmöglichkeiten bzw. gesellschaftliche Implikationen hervor. Im Bereich der *Kryptographie* ergibt sich einerseits eine Gefahr für traditionelle Verfahren wie RSA, andererseits eröffnen sich aber auch Chancen für neue, sichere Verfahren. Gleichzeitig versprechen sich die Expertinnen und Experten gesellschaftliche Implikationen bei *Optimierungsproblemen*, etwa im Bereich der künstlichen Intelligenz, die zukünftig besser bzw. schneller gelöst werden könnten. Schließlich versprechen *Quantensimulationen* gesellschaftliche Fortschritte in der biologischen, chemischen oder physikalischen Forschung und können so bspw. helfen, neue Impfstoffe zu entwickeln. Nichtsdestotrotz finden sich quanteninformatische Anwendungen bis auf wenige Ausnahmen, etwa zur Erzeugung von Zufallszahlen auf Smartphones, bisher eben kaum in Lebenswelt und Alltag wieder.

4.3 Erklärungsansätze

Im Folgenden wird nun das Ergebnis der Literaturanalyse zu Erklärungsansätzen für die identifizierten Ideen dargestellt. Dabei treten die einzelnen Erklärungsansätze nicht notwendigerweise isoliert auf: Innerhalb eines Dokuments wurden mitunter unterschiedliche Erklärungsansätze für eine Idee verwendet.

Superposition: Qubits in einer Superposition aus 0 und 1 haben eine bestimmte Wahrscheinlichkeit als 0 bzw. als 1 gemessen zu werden. Ein beliebter Erklärungsansatz für diese Idee ist die Verwendung von *Analogien* wie dem Münzwurf (oder dem Drehen einer Münze), bei dem die Münze in der Luft (oder im Spin) als Superposition aus Kopf und Zahl interpretiert wird (vgl. Abb. 1). Eine andere Herangehensweise stellt ein *physikalischer Erklärungsansatz* dar, bei dem konkrete Realisierungen von Qubits durch Photonen oder Elektronenspin sowie Experimente wie Stern-Gerlach herangezogen werden. Weiterhin werden Qubits im Korpus auch *mathematisch-symbolisch* erklärt: Der Zustand eines oder mehrerer Qubits wird dann durch einen Vektor repräsentiert. Zur Erklärung werden außerdem *grafische Darstellungen* verwendet, etwa geometrisch über die Bloch-Sphäre oder den Einheitskreis sowie schematisch über teilweise gefüllte Kreise oder Quadrate für jeden Zustand eines Qubit-Systems. Zudem werden Qubits auf Basis des Bit-Begriffs mithilfe von probabilistischen Bits eingeführt und anschließend zu Qubits verallgemeinert, also aufbauend auf *klassischen Themen informatischer Bildung*.

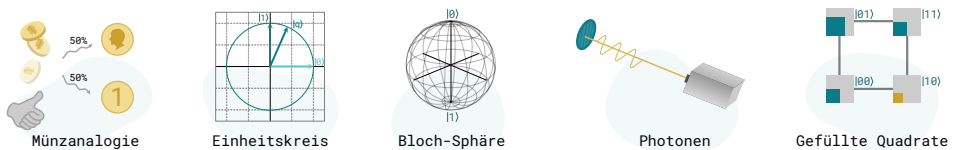


Abb. 1: Beispiele für Erklärungsansätze

Verschränkung: Der Zustand von mehreren verschränkten Qubits lässt sich nicht durch die Angabe individueller Quantenzustände für jedes Qubit beschreiben. Analog zur ersten Idee wird Verschränkung häufig über *Analogien* erklärt. So landen bspw. zwei verschränkte Münzen stets beide auf Kopf bzw. stets beide auf Zahl. In einer anderen Analogie werden zwei farbige Bälle in unterschiedliche Boxen verpackt: Auch wenn nicht bekannt ist, welche Farbe in den Boxen ist, werden beide Bälle dieselbe Farbe haben. Daneben wird oftmals ein *mathematisch-symbolischer* Erklärungsansatz gewählt, bei dem rechnerisch nachgewiesen wird, dass ein verschränkter Zwei-Qubit-Zustand nicht als zwei einzelne Ein-Qubit-Zustände dargestellt werden kann. Darüber hinaus wird Verschränkung auch über das *Messen von Quantenschaltkreisen* erklärt, wenn Hadamard- und CNOT-Gatter kombiniert werden oder erneut ausgehend von *klassischen Themen informatischer Bildung* über das Einführen probabilistischer Bits als Zwischenschritt.

Quantenalgorithmus: Bei einem Quantenalgorithmus wird mithilfe von Quantengattern der Zustand der Qubits so beeinflusst, dass die Wahrscheinlichkeit steigt, eine richtige Lösung zu messen. Für dieses Konzept wird einerseits ein *physikalischer Erklärungsansatz* herangezogen, der eine konkrete Realisierung und Manipulation von Qubits (z. B. Photonen) beschreibt. Um den Effekt der verschiedenen Gatter auf den Zustand eines (oder mehrerer Qubits) zu erläutern, wird mitunter auch eine *grafische Darstellung* gewählt. Dabei wird bspw. eine Rotation an der Bloch-Sphäre vorgenommen oder ein Vektor an einer bestimmten Achse am Einheitskreis gespiegelt. Beim *experimentellen Erklärungsansatz* werden die Effekte der Gatter durch Messung untersucht – hierfür wird üblicherweise

direkt mit entsprechenden Werkzeugen (meist Simulatoren für Quantencomputer) gearbeitet. Zuletzt werden bei einem *mathematisch-symbolischen Erklärungsansatz* die Quantengatter in ihrer Matrixdarstellung herangezogen, wobei das Anwenden eines Gatters dann einer Multiplikation der Matrix mit einem Vektor entspricht.

Quantencomputer: Quantencomputer können bestimmte aber nicht alle Probleme effizienter lösen als klassische Computer. Auch hier wird häufig der Ansatz einer *Analogie* gewählt, bei der Quantencomputer als hochgradig parallel arbeitend beschrieben werden. Ein weiterer Erklärungsansatz nutzt die *Menge an darstellbaren Zuständen* – oft anhand konkreter Beispiele und Größenordnungen: So können bspw. 300 Qubits bereits mehr Zustände (ca. 10^{90}) abbilden als Teilchen im Universum existieren. Ein weiterer beliebter Erklärungsansatz arbeitet mit einem *konkreten Beispiel* wie dem Deutsch-Josza-Algorithmus, anhand dem die Anzahl notwendiger Schritte bei Lösung mit einem klassischen Computer und einem Quantencomputer verglichen werden.

Quantenkryptographie: Quantenkryptographie nutzt die Fragilität der Qubits, um abhörsichere Kommunikation zu ermöglichen. Für die Funktionweise der Quantenkryptographie wird als Erklärungsansatz in Form des BB84-Schlüsseltausch-Protokolls häufig ein *konkretes Beispiel* gewählt, da dieses keine verschränkten Zustände benötigt und insgesamt als leicht zu verstehen gilt. Um die Vorteile eines Quantenschlüsseltauschprotokolls zu verdeutlichen, wird weiterhin auch der Bezug zu *klassischen Themen informatischer Bildung* wie der symmetrischen Verschlüsselung und dem One-Time-Pad hergestellt.

5 Diskussion und Fazit

Sowohl die literaturbasierte fachliche Klärung als auch die Expertenbefragung zeigen, dass Quanteninformatik über einen überschaubaren Kern zentraler Ideen zugänglich gemacht werden kann. Vergleichbar mit den Anfängen der Informatik, liegen mathematische Grundlagen, physikalische Realisierung und informatische Nutzung von Quantencomputern noch sehr nah beieinander, was sich auf die existierenden Schwerpunkte und Vermittlungsansätze auswirkt. Darüber, dass eine quanteninformatische Perspektive existiert und sinnvoll ist, bestand in der Expertengruppe Einigkeit. Eine besondere Herausforderung für die informatische Bildung stellt der Umstand dar, dass bisher noch kaum konkrete Anwendungsmöglichkeiten der Quanteninformatik existieren und sich Handlungsorientierung im Unterricht bspw. auf Simulation und Zukunftsszenarien beschränken muss. Gleiches gilt für die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive: Die potenziellen Auswirkungen der Quantentechnologien motivieren zwar bereits eine Reihe an Forschungsrichtungen, wie bspw. die (Post-)Quantenkryptographie, sind aber in der Lebenswelt derzeit noch nicht spürbar. Da ihnen aber gesellschaftsveränderndes Potenzial zugeschrieben wird, sind im Sinne eines informierten öffentlichen Diskurses Bildungszugänge notwendig, die für die breite Bevölkerung verständlich sind.

Betrachtet man die analysierten Erklärungsansätze, ist festzustellen, dass bisher die mathematischen und physikalischen Sichtweisen und Zugänge zu Quantentechnologien dominieren. So wurden im untersuchten Korpus oft auch im Rahmen von Einführungen in die Quanteninformatik physikalische Experimente beschrieben oder komplexe Zahlen und Matrizen zur Beschreibung von Zuständen und Gattern eingeführt. Der Korpus zeigt aber, dass Erklärungen der Ideen auch ohne entsprechende physikalische Grundlagen oder elaborierte Mathematikkenntnisse möglich sind. Weiterhin ist festzustellen, dass im Korpus quanteninformatische Ideen oftmals von klassischen Konzepten ausgehend erklärt bzw. dazu kontrastiert werden. Damit stellen traditionelle Inhalte der informatischen Bildung, wie die Repräsentation von Informationen durch Bits oder die Realisierung der Informationsverarbeitung durch Computer mithilfe von Logikgattern, eine wichtige Grundlage für die Vermittlung von Quanteninformatik dar. Darüber hinaus zeigt sich, dass häufig Analogien eingesetzt werden. Analogien können helfen, einem konstruktivistischen Lernverständnis entsprechend, Sachverhalte anschaulich zu verdeutlichen, reduzieren aber zumeist die Idee auf einen einzelnen Teilaspekt, woraus sich hier besondere Herausforderungen in Bezug auf Fehlvorstellungen ergeben. So ist die Analogie des Münzwurfs für Qubits in Superposition nur eingeschränkt tragfähig, da sich Objekte wie Münzen eben nicht nach quantenmechanischen Gesetzen verhalten, sondern sich das Ergebnis eines Wurfes bei genauer Kenntnis aller Parameter durchaus berechnen ließe. Ein vergleichbares Problem zeigt sich bei der Analogie, dass Quantencomputer – ähnlich wie klassische Multiprozessorsysteme – hochgradig parallel arbeiten würden. Tatsächlich verändern Quantencomputer die Wahrscheinlichkeiten einer Vielzahl von potenziellen Lösungen so, dass sehr wahrscheinlich eine korrekte Lösung gemessen wird. Entsprechend kann es als Aufgabe der Informatikdidaktik angesehen werden, zu erforschen, welche Zugänge und Analogien geeignet sind, hilfreiche Vorstellungen zu entwickeln, welche Fehlvorstellungen vermieden werden sollten und welche altersgerechten Kompetenzen Schülerinnen und Schüler im Bezug auf Quanteninformatik erwerben können und sollten.

Die Beschäftigung mit Quanteninformatik als junge Teildisziplin der Informatik macht deutlich, dass sowohl die fachliche Ausgestaltung als auch die informatikdidaktische Diskussion noch ganz am Anfang stehen. Vor dem Hintergrund der anzunehmenden enormen Fortschritte im Feld der Quanteninformatik und dem daraus resultierenden wachsenden Einfluss auf unsere Lebenswelt ist zu erwarten, dass Quanteninformatik sich vermehrt auch als Aufgaben- und Forschungsgebiet der Informatikdidaktik entwickeln wird. So deuten bspw. das Rahmenprogramm der Bundesregierung zu Quantentechnologien und das steigende Interesse der Informatiklehrinnen und -lehrer bereits darauf hin. Auch wenn Quanteninformatik nicht in naher Zukunft Eingang in die Lehrpläne findet, so sollte doch den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben werden, im Rahmen extracurricularer Vertiefungen oder Wahlthemen diese spannenden Entwicklungen nachzuvollziehen, Interesse zu entwickeln und vielleicht später selbst Zukunft mitzugestalten.

Literatur

- [Al20] Alpert, C. L.; Edwards, E.; Franklin, D.; Freericks, J.: Key Concepts for Future QIS Learners, 2020, URL: <https://qis-learners.research.illinois.edu/>.
- [BD06] Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin Heidelberg, 2006.
- [Bi18] Billig, Y.: Quantum Computing for High School Students. Qubit Publishing, Ottawa, Ontario, Canada, 2018.
- [Er12a] Erb, R.: Einführung in die Quantenphysik mit Licht, 2012, URL: https://www.uni-frankfurt.de/52729717/12_Quantenphysik_mit_Licht1.pdf.
- [Er12b] Erler, G.; Strunz, A.; Vetter, A.; Bronner, P.: QuantumLab - Schülerlabor zur Quantenoptik, 2012, URL: <https://www.quantumlab.nat.fau.de/>.
- [Gr96] Grover, L. K.: A fast quantum mechanical algorithm for database search. In: Proceedings of the twenty-eighth annual ACM symposium on Theory of computing, S. 212–219, 1996.
- [HNR07] Hartmann, W.; Näf, M.; Reichert, R.: Informatikunterricht planen und durchführen. Springer-Verlag, 2007.
- [La17] LaRose, R.: Teaching quantum computing through programming, 2017, URL: https://medium.com/@rlarose_26759/teaching-quantum-computing-through-programming-799283c9769a.
- [Le99] Leisen, J.: Quantenphysik-Mikroobjekte: Handreichung zum neuen Lehrplan Physik in der Sekundarstufe II, 1999.
- [LM18] LMU: Introduction to Quantum Computing, 2018, URL: <http://www.nm.ifi.lmu.de/teaching/Vorlesungen/2018ws/QuantumComputing/>.
- [Ma10] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. In: Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie. Springer, S. 601–613, 2010.
- [Pe19] Perry, A.; Sun, R.; Hughes, C.; Isaacson, J.; Turner, J.: Quantum Computing as a High School Module. arXiv preprint arXiv:1905.00282/, 2019.
- [Ru19] Rubin, H.: Vom Doppelspalt zum Quantencomputer, 2019, URL: <https://educ.ethz.ch>.
- [Sa18] Satanassi, S.: Quantum computers for high school: design of activities for an I SEE teaching module./, 2018.
- [Sh99] Shor, P. W.: Polynomial-time algorithms for prime factorization and discrete logarithms on a quantum computer. SIAM review 41/2, S. 303–332, 1999.
- [Su19] Sun, J.: Teaching High School Quantum Computing Scenarios. In: Proceedings of Student-Faculty Research Day CSIS. 2019.
- [Un19] University of Oxford: Quantum Computer Science: 2019-2020, 2019, URL: <https://www.cs.ox.ac.uk/teach-%20ing/courses/2019-2020/quantum/>.
- [Wo18] Wootton, J.: Hello Quantum: Taking your first steps into quantum computation, 2018, URL: <https://medium.com/qiskit/hello-quantum-2c1c00fe830c>.
- [Za98] Zalka, C.: Simulating quantum systems on a quantum computer. Proceedings of the Royal Society: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 454/1969, S. 313–322, 1998.

KI im Toaster?

Schüler:innenvorstellungen zu künstlicher Intelligenz

Annabel Lindner,¹ Marc Berges,¹ Magdalena Lechner¹

Abstract: Die vorliegende Untersuchung erhebt als Beitrag zur didaktischen Rekonstruktion Schüler:innenvorstellungen zum Thema künstliche Intelligenz (KI). Dabei wurden von Schüler:innen mit einer Strukturlegetechnik Begriffsbilder erstellt und diese qualitativ analysiert. Die Erhebung zeigt, dass die Jugendlichen hauptsächlich konkrete Gegenstände bzw. Software-Funktionen als künstliche Intelligenz wahrnehmen, die dahinter liegenden Technologien für sie jedoch überwiegend unbekannt sind. Die Schüler:innen stellen sich oft eine starke KI vor und betrachten Intelligenz, Lernfähigkeit und selbständiges Handeln als deren Kerneigenschaften. KI-Technologien werden von vielen Jugendlichen als beängstigend oder gefährlich wahrgenommen; dies steht in engem Zusammenhang mit fehlenden Kenntnissen zur technischen Funktionsweise sowie der Darstellung von künstlicher Intelligenz in den Medien. All dies identifiziert wichtige Anknüpfungspunkte für den Informatikunterricht und die zukünftige Lehrer:innenbildung im Bereich KI.

Keywords: Schüler:innenvorstellungen, künstliche Intelligenz, qualitative Analyse

1 Einleitung

Nicht nur Informatiksysteme an sich haben im Leben von Schüler:innen im Laufe der letzten Jahre einen immer größeren Stellenwert eingenommen – insbesondere Smartphones spielen dabei eine große Rolle –, sondern auch verschiedenste Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) sind zu täglichen Begleitern geworden. Wie selbstverständlich nutzen die Jugendlichen Augmented Reality Filter in Social Media Apps, folgen Film- oder Musikvorschlägen auf großen Streaming-Plattformen oder kommunizieren mit intelligenten Assistenten im eigenen Haushalt [Fe20]. Im Rahmen dieser Interaktion entwickeln die Schüler:innen Vorstellungen davon, wie diese Technologien funktionieren könnten und was unter künstlicher Intelligenz zu verstehen ist. Für eine Behandlung des Themas KI im schulischen Informatikunterricht – sei es als extracurriculare Aktivität oder auf Basis des Lehrplans – ist es daher für einen erfolgreichen Lernprozess von zentraler Bedeutung, diese Vorstellungen und Konzepte sowie mögliches Vorwissen der Schüler:innen einzubeziehen [Di11]. Aus diesem Grund untersucht die vorliegende Erhebung, über welche Vorstellungen die Schüler:innen zum Thema künstliche Intelligenz verfügen, um sinnvolle Anknüpfungspunkte für den Informatikunterricht sowie auf Fehlannahmen beruhende Vorstellungen zum Thema zu ermitteln.

¹ Universität Erlangen-Nürnberg, Didaktik der Informatik, Martensstraße 3, 91058 Erlangen, {annabel.lindner, marc.berges}@fau.de

2 Schüler:innenvorstellungen in der Informatik

Zu Schüler:innenvorstellungen existieren in der Informatik Untersuchungen zu verschiedenen Teilbereichen. So erheben Brinda und Terjung [BT17] zum Beispiel die Vorstellungen der Schüler:innen zum Thema Datenbanken. Schüler:innenvorstellungen über das Internet werden von Diethelm und Zumbrägel [DZ10] ermittelt. Hierbei zeigt sich unter anderem, dass sich ca. 40% der Schüler:innen das Internet als einen zentralen Rechner vorstellen, der für alle Anfragen verantwortlich ist. Diese Erhebungen verdeutlichen, dass Schüler:innenvorstellungen zu Konzepten der Informatik eine Reihe von nicht-wissenschaftlichen und auch fehlerhaften Aspekten enthalten. Dies wird auch in weiteren Untersuchungen untermauert, z. B. von Brinda und Braun [BB17], die Vorstellungen zu Smartphones untersuchen, und von Seifert et al. [Se13], die Schüler:innenvorstellungen zur Suchmaschine Google erheben.

Im Bereich der künstlichen Intelligenz existiert eine Reihe von überwiegend sehr neuen Untersuchungen, die sich Vorstellungen zum Thema KI innerhalb verschiedener Gruppen widmen. Große-Bölting und Mühling [GM20] untersuchen, über welche Konzepte zu maschinellem Lernen (ML) Lernende verfügen. Die Mehrheit der Jugendlichen hat in dieser Studie keine konkrete Idee, wie Maschinen das Schachspielen lernen können. Viele Schüler:innen nehmen an, dass Maschinen selbständig lernen und verstehen, ein kleiner Teil schreibt hingegen dem Menschen den größten Teil des Lernprozesses zu, indem dieser Spezifizierungen zu Spielfeld, Regeln, Zielen sowie den möglichen Zügen angibt. Die Jugendlichen befinden sich somit an den zwei Extrempunkten der Betrachtung und schätzen den Kern des maschinellen Lernens, der in einem Zusammenspiel von menschlicher Vorbereitung und maschineller Eigenständigkeit liegt, falsch ein. Mit einer Unplugged-Intervention entwickelt sich diese Vorstellung, insbesondere die Konzepte *Erfahrung* und *Lernen aus Fehlern* werden dadurch erkannt, jedoch gelingt den Jugendlichen basierend auf der Unplugged-Aktivität keine Transferleistung auf Praxisbeispiele wie selbstfahrende Autos.

Lindner und Berges [LB20] untersuchen die Vorstellungen von Lehrkräften zum Thema. Als wichtige Eigenschaften von KI werden in dieser Untersuchung Selbständigkeit, Lernfähigkeit und das Imitieren menschlicher Denkprozesse beziffert. Gleichzeitig beschränken sich die Vorstellungen oft auf den Bereich des maschinellen Lernens, wobei z. B. neuronale Netze wenig bekannt sind und häufig auf Basis der menschlichen Biologie erklärt werden. KI ist vielen aus dem Alltag bekannt, insbesondere in Form von Sprach- und Bilderkennung, autonomen Agenten (Staubsaugerroboter) oder selbstfahrenden Autos. Neben Chancen der KI, insbesondere in der Medizin und im Bereich Verkehr, sehen die Lehrkräfte auch eine Unberechenbarkeit der KI und betonen ethische Fragen der künstlichen Intelligenz.

Sulmont et al. [SPC19] zeigen auf, dass sich die Vorstellungen von Studierenden ohne Informatik-Hintergrund zu maschinellem Lernen vielmehr mit der Außenperspektive auf ML beschäftigen als mit der technischen Funktionsweise. So halten diese Studierenden maschinelles Lernen für sehr mächtig und bedeutsam für ihre Jobsuche. Ihre technischen

Erfahrungen sind auf Medieninformationen beschränkt, z. B. sind selbstfahrende Autos und AlphaGo bekannt. Viele der Studierenden nehmen zudem an, dass sie Kenntnisse im Bereich ML ohne Informatik-/ Mathematik-Hintergrund nicht erwerben können.

Das Institut für Demoskopie Allensbach untersucht den Einfluss der Darstellung von KI in der Popkultur auf das Bild der Bevölkerung. Dabei sind die Vorstellungen von KI stark durch bekannte Science Fiction Charaktere wie R2-D2 (Star Wars), Terminator, Commander Data (Star Trek) oder K.I.T.T. (Knight Rider) beeinflusst. Den Kampf zwischen Mensch und Maschine halten mehr als 50 % der Befragten nicht für ein mögliches Zukunftsszenario. [So19].

In weiteren Studien untersuchen Jeffrey [Je20] und Gherheş [Gh18] Einstellungen, Vorwissen und Erwartungen zu KI.

3 Methodik

Zur Ermittlung von Schüler:innenvorstellungen existiert eine Reihe unterschiedlicher Forschungsdesigns. Neben halbstandardisierten Interviews oder offenen Fragebögen, welche zum Beispiel von Brinda und Terjung [BT17] eingesetzt werden, lassen sich Schüler:innenvorstellungen auch mit dem Einsatz von Repertory Grid Interviews (Rücker et al. [Rü17]) oder bildkartengestützten Focus Interviews ermitteln. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Ermittlung der Vorstellungen mit Hilfe der Strukturlegetechnik gewählt. In Fragebögen mit offenen Fragen konnten in einem Vorversuch keine differenzierten Antworten erzielt werden. Stattdessen wurden beispielsweise auf die Frage „Was ist für dich künstliche Intelligenz?“ oft nur bekannte Science Fiction Beispiele für KI genannt.

Mit Hilfe der Strukturlegetechnik können die Vorstellungen der Studienteilnehmer:innen mit ihren konzeptuellen Zusammenhängen und Beziehungen erhoben werden. Auf diese Weise wird die mentale Struktur eines Themas direkt dargestellt und muss nicht, wie zum Beispiel bei Interviews, in der Analyse interpretiert werden. Nach Scheele [SG88] erfolgt die Erhebung von Vorstellungen dabei in zwei Schritten. Zunächst werden die zentralen Inhalte und Konzepte zur Beschreibung eines Themas herausgearbeitet – beispielsweise durch halbstrukturierte Interviews mit den Versuchspersonen – und als Begriffskarten notiert. Anschließend werden die Begriffskarten ausgelegt und mit Hilfe von Beziehungskärtchen verbunden, welche beispielsweise das Illustrieren von Ober- und Unterkategorien, positiver und negativer Abhängigkeiten etc. ermöglichen. Hierbei sollten sich die Versuchspersonen bereits im Voraus mit der Bedeutung der Relationen vertraut machen. Wahl [Wa06] beschreibt bei der Nutzung der Strukturlegetechnik für Lernaufgaben ein Dreischrittverfahren, bei dem zunächst die Begriffskarten nach Verständnis sortiert und vorhandene Lernlücken geschlossen werden. Anschließend werden die Begriffe vernetzt und die Struktur ausgelegt. Entscheidend ist hierbei, dass die Teilnehmenden die Inhalte intensiv verarbeiten, indem sie ihr Wissen organisieren und implizite semantische Netzwerke sichtbar werden. In einem

dritten Schritt sollten die entstandenen Strukturen verbal begründet werden, um eine tiefe Verarbeitung zu erreichen.

Die Strukturlegetechnik nach Scheele et al. [SG88] unterstützt durch das Zweischritt-Verfahren die sich aus der Literatur ableitenden, zentralen Forschungsdesiderate dieser Untersuchung: *Welche Begriffe und Anwendungen gehören für die Schüler:innen zum Themenbereich künstliche Intelligenz? Wie hängen diese Begriffe in ihrer Vorstellung zusammen?*

4 Erhebung

Die oben beschriebene Strukturlegetechnik ist eine kognitiv sehr anspruchsvolle Untersuchungsmethode, die im Kontext der hier durchgeführten Erhebung mit Vereinfachungen vorgenommen wurde: Einerseits wurden die Begriffskarten nicht erst im Rahmen der Erhebung durch Interviews ermittelt, sondern vielmehr bereits vorab in einem Pretest entwickelt. Dabei bearbeiteten Schüler:innen gleicher Altersstruktur eine Wortassoziationsaufgabe zu künstlicher Intelligenz. Die hier genannten Begriffe wurden mit Fachbegriffen zur künstlichen Intelligenz, Distraktoren sowie einigen weiteren möglichen Alltagsanwendungen ergänzt. Weiterhin wurden die Begriffskarten durch Adjektive zur Beschreibung von künstlicher Intelligenz angereichert.

Andererseits wurde darauf verzichtet, die Schüler:innen mit Relationskarten zu konfrontieren, um einen vertretbaren Zeitrahmen der Erhebung zu garantieren sowie die Jugendlichen nicht zu überfordern. Stattdessen sollten Beziehungen zwischen verschiedenen Begriffen durch räumliche Nähe oder Überlappen gekennzeichnet werden. Es standen zudem weitere leere Kärtchen zur Verfügung, um die Beschriftung mit Kategoriennamen, Beziehungen oder Ähnlichem zu ermöglichen. Eine vollständige Übersicht der Begriffskarten gibt Tabelle 1.

Fachbegriffe	Anwendungen	Adjektive	Sonstiges
Deep Learning	Autokorrektur	allwissend	Captchas
Entscheidungsbäume	Gesichtserkennung	beängstigend	Science Fiction
Expertensystem	Google Translate	empathisch	Hashing
Fuzzylogik	Netflix-Vorschläge	gefährlich	Kryptographie
Multiagentensysteme	Roboter	intelligent	Petri-Netze
Neuronale Netze	Roomba	interessant	Von-Neumann-Rechner
Reinforcement Learning	selbstfahrende Autos	kreativ	Drucker
Turing-Test	Siri/ Alexa	langweilig	Navigationsgerät
Belohnung & Bestrafung	Smartphone	lernfähig	Toaster
Filter	Spamfilter	selbstständig handelnd	Waschmaschine
Kanten & Knoten	Spracherkennung	unberechenbar	
Schichten/ Layers	Suchmaschinen		
	Videospielgegner		
	Virtual Reality		

Tab. 1: Begriffskarten eingeteilt in thematische Gruppen

Neben den Begriffsbildern wurde von allen Schüler:innen zudem jeweils das Geschlecht sowie das grundlegende Technikinteresse erhoben, um mögliche Unterschiede in den

Vorstellungen, die durch diese Aspekte beeinflusst sind, herauszuarbeiten. Dazu wurden zusätzliche Kärtchen für das Geschlecht sowie vier Karten, die verschiedene Abstufungen des Interesses für Technik beschreiben (*Ich interessiere mich/ sehr/ nicht so/ überhaupt nicht für Technik.*), verteilt. Um eine Assoziation mit dem Informatikunterricht und eine Beeinflussung der Befragung durch subjektive Empfindungen gegenüber diesem Unterricht möglichst zu vermeiden, wurde bewusst der neutrale Begriff *Technik* gewählt.

Während der Erhebung saßen die Schüler:innen an separaten, freistehenden Tischen und wurden gebeten, sich nicht mit ihren Klassenkamerad:innen zu unterhalten, um gegenseitige Beeinflussung auszuschließen. Die Jugendlichen waren angehalten, die Begriffskarten zunächst zu lesen und zu entscheiden, ob sie den Begriff mit künstlicher Intelligenz verbinden. Unbekannte sowie auch diejenigen Begriffe, die für sie keinen KI-Bezug hatten, sollten auf einem gesonderten „Müllstapel“ abgelegt werden. Die übrigen Begriffe sollten die Schüler:innen nun auslegen und durch räumliche Nähe in Beziehung zueinander setzen sowie ihre Anordnungen mit Hilfe von Kategoriennamen, Beziehungsbezeichnungen oder anderen Erklärungen erläutern. Dazu konnten zusätzliche, leere Kärtchen verwendet werden. Zudem wurden Geschlecht und Technik-Affinitäts-Karten ausgewählt und ausgelegt.

Im Rahmen der Studie wurden 25 Schüler:innen nach ihren Vorstellungen zu künstlicher Intelligenz befragt. Die Schüler:innen aus der 9. und 10. Jahrgangsstufe (17 bzw. 8 Teilnehmende) eines bayerischen Gymnasiums (15 - 16 Jahre) verfügen über Vorerfahrungen in Informatik, haben sich im Informatikunterricht jedoch nicht mit dem Thema künstliche Intelligenz beschäftigt. Es handelt sich bei den ermittelten Konzepten somit um vorunterrichtliche Vorstellungen. 8 der Teilnehmenden sind weiblich, 17 männlich. In Bezug auf das Technikinteresse geben 3 Schüler:innen an, sich sehr für Technik zu interessieren, 8 interessieren sich dafür, 12 interessieren sich nicht für Technik und eine Person interessiert sich überhaupt nicht für Technik. Einmal fehlt die Angabe.

5 Ergebnisse

Die Begriffsbilder der Schüler:innen zeigen insgesamt, dass ihnen einzelne KI-Anwendungen aus dem Alltag oder den Medien bekannt sind. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um komplexe Hardwaresysteme, die verschiedene KI-Funktionalitäten vereinen, beispielsweise *Smartphones* (19 Nennungen) und *selbstfahrende Autos* (22). Dabei bilden die Schüler:innen überwiegend Kategoriensysteme und weniger Begriffsnetze. Die Vorstellung der Lernenden entspricht im Allgemeinen eher der einer starken künstlichen Intelligenz und nicht der einzelner, spezialisierter Systeme. Dabei werden KI-Systeme häufig als sehr mächtig eingeschätzt, was sich sehr deutlich durch die von 11 Teilnehmenden gewählte Beschreibung *allwissend* zeigt (siehe Tabelle 2). Auch werden immer wieder untypische Geräte als KI-Systeme betrachtet, so sind der *Drucker* und der *Toaster* Teil von insgesamt fünf bzw. drei Begriffsbildern (siehe Tabelle 3). Teilweise unterschätzen die Schüler:innen die aktuellen Möglichkeiten von künstlicher Intelligenz allerdings auch. So werden in einem Kategoriensystem *Spamfilter* in der Kategorie *Grenzen der KI* genannt, in einem anderen

wird KI insgesamt als *Science Fiction* bezeichnet. Im Rahmen der Diskussion werden ausgewählte Einzelergebnisse der Schüler:innen näher aufgegriffen.

KI heute	KI in der Zukunft	Objekte mit KI	
Belohnung & Bestrafung Reinforcement Learning lernfähig interessant Smartphone	allwissend Autokorrektur Science Fiction selbständig handelnd intelligent	Waschmaschine Gesichtserkennung Spamfilter Suchmaschinen Navigationsgerät Siri/ Alexa Roboter	Google Translate selbstfahrende Autos Netflix-Vorschläge Spracherkennung Videospielgegner Virtual Reality Filter

Tab. 2: Begriffsbild 9. Klasse, männlich, kein Technikinteresse

Beschreibung von KI	Geräte mit KI	KI-Programme in Geräten	
beängstigend intelligent allwissend gefährlich interessant	Drucker Smartphone Roboter Roomba selbstfahrende Autos Navigationsgerät	Filter Suchmaschinen Netflix-Vorschläge Siri/ Alexa Spracherkennung Videospielgegner	Spamfilter Google Translate Gesichtserkennung Virtual Reality Autokorrektur

Tab. 3: Begriffsbild 9. Klasse, männlich, kein Technikinteresse

Insgesamt zeigt sich wenig Kenntnis über Fachbegriffe und die technische Funktionsweise von KI-Systemen. Nur sehr wenige Schüler:innen integrieren Fachbegriffe in ihre Kategoriensysteme. Vielmehr werden sie wie die Distraktoren häufig aussortiert, einzig *Deep Learning* und *neuronale Netze* werden viermal genannt, dies von allen sehr technikinteressierten Schüler:innen. Die Kategorienzuschreibungen dieser Schüler:innen lassen jedoch den Rückschluss zu, dass auch sie keine genaue Vorstellung haben, was sich hinter den beiden Begriffen verbirgt. Auch Expertensysteme werden in mehreren Begriffsbildern aufgenommen, jedoch meist als Überbegriff für Systeme, die schwierige Aufgaben lösen können, zum Beispiel *selbstfahrende Autos*, was wiederum für eine Fehlvorstellung bezüglich der Bedeutung des Begriffs spricht.

Die Strukturierung der Kategoriensysteme der Schüler:innen erfolgt sehr unterschiedlich. Dabei reicht die Unterteilung von nur einer Kategorie für alle KI-Begriffe bis zu sechs Kategorien, teilweise mit Feingliederung. Die Unterteilung erfolgt dabei oft nach Eigenschaften von KI-Systemen und Anwendungen bzw. zugehörigen Alltagsgegenständen sowie Lernfähigkeit, teilweise auch nach Hard- und Software oder Möglichkeiten der KI heute und zukünftig (vgl. Tabelle 2). Auch bereits vorhandene Begriffskarten werden als Kategorienbezeichnungen verwendet, insbesondere *Roboter* und *Smartphone* (je viermal). Die Möglichkeit, Assoziationen durch räumliche Anordnung darzustellen, nutzen nur sehr wenige Schüler:innen und zumeist nur für einzelne Begriffe. Begriffsgruppen werden überwiegend durch oberflächliche Kriterien gebildet, einzelne spezifische Kategorien zeigen Schwerpunkte der Vorstellung von KI, wie zum Beispiel die besondere Bedeutung von Lernfähigkeit.

Die Schüler:innen schreiben der KI als zentrale Eigenschaften Intelligenz (21), Lernfähigkeit (20) und selbstständige Handlungsfähigkeit (18) zu. Selbständige Handlungsfähigkeit impli-

ziert hierbei insbesondere auch die Fähigkeit, sich eigenständig zu bewegen. Dies zeigt sich unter anderem auch dadurch, dass diese Eigenschaft mit Robotern, selbstfahrenden Autos und Staubsaugerrobotern assoziiert wird. Auch die Imitation menschlicher Eigenschaften, zum Beispiel durch Wahrnehmungsfähigkeiten und die Fähigkeit zu natürlichsprachlicher Kommunikation, wird als zentrale Fähigkeit identifiziert, wie sich an der häufigen Nennung von intelligenten Assistenten wie *Siri/Alexa* (22) und *Spracherkennung* (21) bzw. *Gesichtserkennung* (19) zeigt (vgl. Tabelle 4). Das Adjektiv *kreativ* nutzen hingegen nur zwei Jugendliche zur Beschreibung von KI, einmal unter der Kategorie *Science Fiction*.

KI	automatisch ablaufende Dinge
Smartphone	Spracherkennung
Science Fiction	Filter
Suchmaschinen	Gesichtserkennung
Videospielgegner	Google Translate
selbständig handelnd	Navigationsgerät
intelligent	Roomba
interessant	Netflix-Vorschläge
lernfähig	Spamfilter
Siri/ Alexa	

Tab. 4: Begriffsbild 9. Klasse, weiblich, kein Technikinteresse

Anhand der Kategoriensysteme lassen sich verschiedene Einstellungen zu künstlicher Intelligenz identifizieren. 17 Schüler:innen verwenden das Adjektiv *interessant*, wobei Kategorien wie *Science-Fiction*, *Roboter*, *lernfähig* oder *selbständig handelnd* besonders häufig mit dem Begriff verknüpft werden. Neben dieser positiven Bewertung beschreiben 14 Jugendliche KI oder eines ihrer Teilgebiete auch als *beängstigend* oder *gefährlich*. Dabei werden vor allem eigenständig handelnde Agenten wie *Roboter* oder *selbstfahrende Autos* sowie Interaktions-Systeme wie *Spracherkennung*, intelligente Assistenten, *Gesichtserkennung* oder *Autokorrektur* hervorgehoben. 7 von insgesamt 10 Schüler:innen, die das Adjektiv *allwissend* zur Beschreibung von KI verwenden, haben gleichzeitig die Bewertung *beängstigend* oder *gefährlich* verwendet. Als *langweilig* wird KI in keinem der Begriffsbilder beschrieben.

6 Diskussion

Die Begriffsbilder zeigen, dass die Schüler:innen bereits eine Reihe von KI-Systemen und Anwendungen in ihrem Alltag wahrnehmen und diese bewusst als solche identifizieren können. Auch die Vorstellungen über deren zentrale Eigenschaften orientieren sich an den aktuellen (Forschungs-)Schwerpunkten von künstlicher Intelligenz, wie z. B. Tabelle 2 verdeutlicht. Dies zeigt sich an der häufigen Nennung von Lernfähigkeit und selbständiger Handlungsfähigkeit. Neben individuellen Erfahrungen mit KI-Anwendungen, zum Beispiel im Rahmen der Smartphone-Nutzung oder durch intelligente Assistenten im eigenen Haushalt, werden die Vorstellungen der Schüler:innen durch die Darstellung von KI in den Medien beeinflusst. Einerseits treffen die Jugendlichen hier auf Berichterstattung zu technologischen Innovationen wie selbstfahrenden Autos, die den Fortschritt der KI realistisch darstellen,

andererseits werden insbesondere in Filmen Science Fiction-Darstellungen von KI vermittelt. Die hier gezeigten KI-Systeme, oft in Gestalt eines humanoiden Roboters, weisen häufig menschenähnliche oder dem Menschen überlegene Intelligenz auf, sind allwissend und verfügen über ein eigenes Bewusstsein und vielseitige, selbständige Handlungsfähigkeit. Diese Darstellung von starken KI-Systemen entspricht dabei nicht der aktuell vorherrschenden Realität sehr spezifischer KI-Anwendungen und könnte dafür verantwortlich sein, dass viele Schüler:innen künstliche Intelligenz als beängstigend oder gefährlich wahrnehmen. Auch die vorherrschende Vorstellung von mächtigen Maschinen, wie sie auch Große-Böling und Mühling [GM20] beschreiben, und starker KI wird durch diese Darstellungen beeinflusst.

Die negative Bewertung von KI-Systemen steht zudem in Verbindung mit den geringen Kenntnissen zur technischen Funktionalität der Systeme. Die Jugendlichen sind mit einer Blackbox konfrontiert, die über Fertigkeiten verfügt, die bisher mit Menschlichkeit assoziiert waren, und deren Funktionsweise sie nicht erklären und bewerten können. Jeffrey hebt diesen Punkt ebenfalls hervor: „A lack of understanding of AI, along with mass media portrayals, may contribute to participants’ cause for caution about AI developments.“ [Je20]. In engem Zusammenhang zum geringen technischen Wissen der Schüler:innen über KI steht auch die Frage, was die Jugendlichen unter dem Begriff Intelligenz bei Maschinen verstehen. Wenn hierbei Aspekte wie Kreativität, Emotion und ein eigenes Bewusstsein für die Schüler:innen eine Rolle spielen, kann dies ebenfalls die Bewertung von KI-Systemen als Bedrohung rechtfertigen. Die Beschreibung von KI an sich als *Science Fiction* lässt den Rückschluss zu, dass hier künstliche Intelligenz als menschenähnlich und individuell verstanden wird und demnach die Annahme besteht, dass Maschinen diesen Zustand nicht erreichen können. Ob die Zuschreibung des Adjektivs *intelligent* diese Überlegungen beinhaltet oder ohne größere Reflexion aufgrund des Zusammenhangs mit dem Begriff künstliche Intelligenz vorgenommen wird, lässt sich in dieser Erhebung allerdings nicht beurteilen, da keine Befragung der Jugendlichen zu ihren Begriffsbildern stattfand.

Wie bereits beschrieben, weisen die Begriffsbilder teils sehr unterschiedliche Strukturierungen auf, was sich auch an den hier exemplarisch dargestellten Kategoriensystemen (siehe Tabelle 2, 3, 4) nachvollziehen lässt. So weist die Anordnung des Schülers in Tabelle 2 auf ein besseres Verständnis von künstlicher Intelligenz hin als die beiden anderen Begriffsbilder. Einerseits wird der Fachbegriff *Reinforcement Learning* zusammen mit den Begriffen *Belohnung & Bestrafung* sowie *lernfähig* verwendet, andererseits scheint der Schüler eine realistische Vorstellung davon zu haben, was mit KI bereits möglich ist und was nicht. In Bezug auf den Begriff *Autokorrektur*, der bei *KI in der Zukunft* eingeordnet wird, ist anzunehmen, dass der Schüler hierunter ein vollständig selbständiges Korrekturverhalten versteht. Die Zuordnungen der Schülerin in Tabelle 4 hingegen weisen auf ein sehr oberflächliches Wissen und sehr allgemeine Vorstellungen hin. Insbesondere die Kategorienbeschreibung *automatisch ablaufende Dinge* zeigt auf, dass KI hier sehr weit gefasst wird und die Schülerin sich bisher vermutlich sehr wenige Gedanken über die technischen Prozesse hinter von ihr genutzten Alltagsanwendungen gemacht hat. Es scheint allerdings ein Bewusstsein vorzuliegen, dass KI in Prozessen mit einer gewissen Komplexität

eingesetzt wird, da Begriffe wie der *Toaster* hier nicht ausgewählt wurden. Das Begriffsbild in Tabelle 3 verdeutlicht die unterschiedlichen Gefühle zum Thema künstliche Intelligenz: Neben dem Interesse am Themengebiet stehen negative Gefühle gegenüber derartigen Systemen. Diese könnten auf mangelnde Kenntnisse zur Funktionsweise zurückzuführen sein, welche im Begriffsbild des Schülers gar nicht auftaucht. So wird hier nicht einmal das von der überwiegenden Mehrheit gewählte Adjektiv *lernfähig* genutzt.

7 Fazit und Ausblick

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Untersuchung, dass die Schüler:innen in der Lage sind, KI-Systeme und -Anwendungen in ihrem Alltag zu identifizieren und auf Grundlage ihrer Beobachtungen bereits zentrale Eigenschaften von KI kennen. Die technische Funktionalität stellt für die Jugendlichen jedoch eine Blackbox dar, Fachkonzepte sind vollständig unbekannt. Da aufgrund des Durchführungskontexts der Erhebung keine konkrete Befragung der Schüler:innen zu den von ihnen entwickelten Begriffsbildern durchgeführt werden konnte, können diese nur sehr allgemein interpretiert werden. Die Untersuchung der Erläuterungen zu den entworfenen Begriffsbildern gibt detaillierteren Aufschluss über die konkreten Vorstellungen sowie Fehlannahmen zur Funktionsweise der bekannten Systeme und ist Inhalt der weiteren Forschung. Zusammen mit den Ergebnissen der Studie von Lindner und Berges [LB20] zu Vorstellungen von Lehrer:innen entsteht gemäß des Konzepts der didaktischen Rekonstruktion [Di11] ein umfassendes Bild der Voraussetzungen für die Unterrichtsplanung. Neben der Identifikation von informatischen Phänomenen aus der Lebenswelt der Schüler:innen mit Bezug zur künstlichen Intelligenz, den gesellschaftlichen Erwartungen und der fachlichen Klärung ergibt sich insbesondere die didaktische Strukturierung des dazugehörigen Informatikunterrichts als zentrales Thema für weitere Untersuchungen. Abschließend gilt es, diese Ergebnisse in ein geeignetes Fort-, Aus- und Weiterbildungsprogramm einfließen zu lassen.

Literatur

- [BB17] Brinda, T.; Braun, F.: Schülervorstellungen im Zusammenhang mit Smartphones. In: Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 119–122, 2017.
- [BT17] Brinda, T.; Terjung, T.: A Database is Like a Dresser With Lots of Sorted Drawers: Secondary School Learners' Conceptions of Relational Databases. In: Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE '17, New York, NY, USA, S. 39–48, 2017.
- [Di11] Diethelm, I.; Dörge, C.; Mesaroş, A.-M.; Dünnebier, M.: Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht. In (Thomas, M., Hrsg.): Informatik in Bildung und Beruf – INFOS 2011 – 14. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 77–86, 2011.

- [DZ10] Diethelm, I.; Zumbrägel, S.: Wie funktioniert eigentlich das Internet? - Empirische Untersuchung von Schülervorstellungen. In (Diethelm, I.; Dörge, C.; Hildebrandt, C.; Schulte, C., Hrsg.): Didaktik der Informatik. Möglichkeiten empirischer Forschungsmethoden und Perspektiven der Fachdidaktik. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 33–44, 2010.
- [Fe20] Feierabend, S.; Rathgeb, T.; Kheredmand, H.; Glöckler, S.: JIM 2020: Jugend, Information, Medien, Stuttgart, 2020.
- [Gh18] Gherheș, V.: Artificial Intelligence: Perception, Expectations, Hopes and Benefits. Romanian Journal of Human-Computer Interaction 11/3, S. 219–230, 2018.
- [GM20] Große-Bölting, G.; Mühlhng, A.: Students Perception of the Inner Workings of Learning Machines. In: 2020 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE). Ho-Chi-Minh-City, Vietnam, 2020.
- [Je20] Jeffrey, T.: Understanding College Student Perceptions of Artificial Intelligence. Systemics, Cybernetics and Informatics 18/2, 2020.
- [LB20] Lindner, A.; Berges, M.: Can You Explain AI to Me? Teachers' Pre-concepts about Artificial Intelligence. In: 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). 2020.
- [Rü17] Rücker, M. T.; Pancratz, N.; Gold-Veerkamp, C.; Pinkwart, N.; Brinda, T.: Alltagsvorstellungen in der Informatik: Erhebungsmethodik und Implikation für den Unterricht. In: Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. S. 393–401, 2017.
- [Se13] Seifert, O.; Sauck, T.; Schwarzbach, M.; Lerch, C.; Weinert, M.; Knobelsdorf, M.: „Ich glaube, Google ist so was wie eine Vorhalle des Internets“ - Erste Ergebnisse einer qualitativen Untersuchung von Schülervorstellungen von der Suchmaschine Google. In (Breier, N.; Stechert, P.; Wilke, T., Hrsg.): INFOS 2013: Informatik erweitert Horizonte - 15. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 45–56, 2013.
- [SG88] Scheele, B.; Groeben, N.: Dialog-Konsens-Methoden zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien: die Heidelberger Struktur-Lege-Technik (SLT), konsuale Ziel-Mittel-Argumentation und kommunikative Flußdiagramm-Beschreibung von Handlungen. Francke, Tübingen, 1988.
- [So19] Sowa, A.: Die Zukunft ist R2-D2, 2019, URL: https://ki50.de/wie-science-fiction-unsere-vorstellung-von-kuenstlicher-intelligenz-praegt/#_ftnref8.
- [SPC19] Sulmont, E.; Patitsas, E.; Cooperstock, J. R.: Can You Teach Me to Machine Learn? In: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '19. ACM Press, 2019.
- [Wa06] Wahl, D.: Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln. 2., erw. Aufl. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, Obb., 2006.

Kinderfragen: Was Grundschulkindern (immer noch) über Computer, Handy, Internet usw. wissen wollen

Jana Gerdes,¹ Mareike Daeglau,¹ Ira Diethelm¹

Abstract:

Um interessante Kontexte im Informatikunterricht zu schaffen, ist es ein möglicher Ansatz, die Fragen der Schüler*innen zu digitalen Artefakten in den Fokus zu stellen und an diese anzuknüpfen. In etlichen Studien haben Borowski, Weber, Wilken, Diethelm und Bodenstein [BDW16; Bo16; DBW10] Fragen von Kindern untersucht, die mit der sogenannten Wunderfrage innerhalb der letzten zehn Jahre erhoben wurden. Durch qualitative Analyse von in analoger Weise erhobenen, neuen 1205 Fragen von Grundschulkindern untersuchen wir hier, welche Fragen Grundschulkindern in Bezug auf digitale Artefakte heute beschäftigen und vergleichen die Häufigkeiten der verschiedenen Inhalte der Fragen mit vorherigen Forschungsergebnissen. Des Weiteren gehen wir der Frage nach, ob es einen Zusammenhang zwischen einerseits der Perspektive der Fragen nach dem *Frankfurt-Dreieck* [Br19] und andererseits dem Wunsch, einen Beruf im Bereich der Informatik zu erlernen, gibt.

Die Analyse zeigt, dass die Hauptinhalte der Fragen (Computer, Handy, Internet, Roboter) in den letzten Jahren im Vergleich zu vorherigen Studien stabil geblieben sind und dass die Fragen zu den entsprechenden Inhalten immer von der gleichen Art (Entwicklung, Funktionsweise, Aufbau etc.) sind. Des Weiteren haben diejenigen Kinder, die einen Beruf im Bereich der Informatik erlernen wollen, viele Fragen aus technologisch-medialer Perspektive gestellt.

Keywords: Kinderfragen; digitale Artefakte; Interesse; qualitative Analyse; Frankfurt-Dreieck

1 Einleitung

Unsere Welt wird immer digitaler. Digitale Artefakte sind in den meisten Haushalten schon nicht mehr wegzudenken und auch Kinder kommen bereits im Grundschulalter immer mehr mit Informatik in Berührung. So hat die KIM-Studie 2018 belegt, dass die Haushalte von Kindern im Alter von sechs bis 13 Jahren im Bereich Internetzugang und Mobiltelefone voll ausgestattet sind, da 98 % der Haushalte einen Internetzugang haben und in 97 % der Haushalte Mobiltelefone vorhanden sind. In 89 % der Haushalte sind zudem Smartphones, in 81 % Computer/Laptops und in 76 % der Haushalte eine Spielekonsole vorhanden [Me18, S. 8-9]. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass informatische Grundkenntnisse in der Schule vermittelt werden. In der Dagstuhl-Erklärung heißt es beispielsweise: „Ohne Verständnis der grundlegenden Konzepte der digitalen vernetzten Welt können Bildungsprozesse heute nicht zukunftsfähig gestaltet werden.“ [Br16]. Die Medienexperten Hartmut Böcher und Roland

¹ Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Didaktik der Informatik, Uhlhornsweg 84, 26129 Oldenburg, {jana.gerdes,mareike.daeglau,ira.diethelm}@uni-oldenburg.de

Koch gingen sogar noch weiter und postulierten schon 1998, „sich den neuen Medien und ihren Möglichkeiten zu verschließen, könnte bedeuten, eine neue Form des Analphabetismus entstehen zu lassen.“, zitiert nach [Ho16, S. 287]. Auch in den Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik „Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich“ [Ge19] heißt es: „Eine bewusste Teilnahme am Leben in unserer Gesellschaft, aber auch die konstruktive Mitgestaltung der Lebenswelt, setzen zunehmend informatische Kompetenzen voraus.“

Ein möglicher Ansatz, den Informatikunterricht an der Schule interessant zu gestalten, stellt das Anknüpfen an Schüler*innenfragen dar, da die Lernmotivation der Schüler*innen durch Thematisierung von relevanten Inhalten nach [Pr95] gesteigert werden kann. So ist die vorliegend dargestellte Arbeit den folgenden Forschungsfragen nachgegangen: Welche Fragen stellen Grundschüler*innen an Informatik Expert*innen? Dabei wurde genauer untersucht, was die Hauptinhalte der Fragen sind und welche Arten von Fragen gestellt werden². Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen, ob sich die Hauptinhalte und Arten der Fragen im Verlauf der Zeit geändert haben und ob es einen Zusammenhang zwischen der Art der gestellten Fragen und dem Wunsch gibt, später einen Beruf zu erlernen, der viel mit Informatik zu tun hat.

2 Kinderfragen und Interesse an Informatik

Im Laufe unserer Analyse der Grundschüler*innenfragen zu Informatik beziehen wir uns auf in den letzten elf Jahren bereits angestellte Studien zu Schüler*innenfragen bzgl. Informatik, an die unsere eigene Forschung anknüpfen kann. So untersuchte H.Barthel in ihrer Dissertation [Ba11] Wünsche und Erwartungen von Schüler*innen der gymnasialen Oberstufe in Bezug auf den Informatikunterricht. Borowski, Weber, Wilken und Diethelm analysierten ca. 2500 Kinderfragen zu digitalen Artefakten aus den Jahren 2010 bis 2012 [BDW16; DBW10; Wi13] und Bodenstein untersuchte Fragen von Schüler*innen der Sekundarstufe I und II bzgl. Informatik [Bo16].

Mit dem Ziel, herauszufinden, was guten Informatikunterricht ausmacht, befragte Barthel für ihre Dissertation 549 Schüler*innen unter anderem zu gewünschten Methoden und Unterrichtsthemen im Informatikunterricht [Ba11, S. 54]. Dabei stand den Befragten ein vorgegebener Katalog an Fragen zur Verfügung, aus dem sie auswählen konnten [Ba11, S. 55-58], sodass die Antworten nicht aus einer offenen Fragestellung entstammen. Die Befragung ergab, dass sich die meisten Schüler*innen Künstliche Intelligenz als Thema im Informatikunterricht wünschen. Auch andere Themen wie Programmiersprache, Netzwerke, Bau eines Computers usw. wünschen sich allerdings ähnlich viele Schüler*innen als Thema im Informatikunterricht, sodass von den Schüler*innen kein Thema klar abgewählt noch deutlich bevorzugt wird [Ba11, S. 88].

² Der Hauptinhalt bezeichnet im vorliegenden Kontext dabei bspw. Handy, Computer, Roboter usw., während die Art der Frage bspw. Entwicklung, Aufbau, Funktionsweise usw. beinhaltet.

Wilken untersuchte 2013 insgesamt ca. 2500 Fragen von 606 Grundschüler*innen [Wi13, S. 37], [BDW16], die in den Jahren 2010 bis 2012 mit folgender Fragestellung erhoben wurden: „Stell dir vor, Du triffst eine Expertin oder einen Experten, der/die alle Fragen über Computer, Handys, Roboter usw. beantworten kann. Was würdest Du sie oder ihn fragen?“ [Wi13, S. 10]. Die Themen, zu denen im Kontext der Arbeit von Wilken die Grundschüler*innen die meisten Fragen gestellt haben, sind Internet, Computer, Roboter und Handy. Dabei wurden Computer, Handy und Roboter jedoch in der Fragestellung schon vorgegeben, wodurch eine Beeinflussung auf die gestellten Fragen der Kinder denkbar ist. Die Grundschüler*innen stellten jedoch auch Fragen zu Themen, wie beispielsweise Konsolen und Spiele, die nicht in der Fragestellung zu finden waren. Wilken kam außerdem zu dem Ergebnis, dass sieben von den insgesamt zehn Oberkategorien die gleichen Unterkategorien (Entwicklung, Funktionsweise, Fähigkeit/ Können, Herstellung/ Programmierung/ Aufbau und Sicherheit/ Stabilität) hatten [Wi13, S. 79].

Bodenstein untersuchte, darauf aufbauend, in seiner Masterarbeit aus dem Jahr 2016 [Bo16] in abgewandelter Form Schüler*innenfragen zur Informatik. Er erhob die Fragen bei älteren Schüler*innen der Sekundarstufe I und II zumeist innerhalb von Informatik-Kursen. Bodenstein befragte außerdem auch die Lehrkräfte. In seiner Befragung sollten diese ihre Vermutungen bzgl. des Interesses der Schüler*innen angeben, d.h. welche Fragen Schüler*innen bezüglich Informatik stellen. Bodenstein benutzte bei der Analyse seiner Fragen das Kategoriensystem von Wilken und arbeitete aus diesem ein für seine Arbeit angepasstes Kategoriensystem heraus [Bo16, S. 51]. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass 20,9 % der befragten Schüler*innen Fragen zur Programmierung stellten. Neben diesem Themenbereich interessieren sich die befragten Schüler*innen außerdem sehr für Computer, Hacking und Internet. Nach der Analyse verglich Bodenstein seine Ergebnisse mit den Ergebnissen von Wilken und Barthel und kam zu dem Resultat, dass „sich die Interessen der Schülerinnen und Schüler (der Sekundarstufe I) zum Fach Informatik innerhalb der vergangenen zehn Jahre kaum verändert [haben].“

Ob dies auch für die Grundschulkinder zutrifft, ist bisher nicht belegt. Daher gehen wir in der hier vorliegenden Studie eben der Frage nach, ob Grundschulkinder heutzutage ebenfalls ähnliche Fragen stellen.

3 Datenerhebung

Die hier untersuchten Fragen von Grundschulkindern wurden im Rahmen eines Projektes zu Informatik und Technik in der Grundschule im Herbst 2018 erhoben³. In diesem Projekt, das vom Kultusministerium Niedersachsen initiiert wurde und im Sachunterricht der Grundschule angesiedelt ist, wurden einige Informatikmodule als Modellversuch im Sachunterricht durchgeführt [www.infgsnds.de]. Insgesamt haben ca. 30 Grundschulen an dem Projekt teilgenommen. Dabei mussten sich diese Schulen aktiv für das Projekt

³ Der Datensatz der Fragen ist im Volltext unter DOI: 10.13140/RG.2.2.15395.78882 verfügbar.

bewerben, wodurch ein Rückschluss darauf gezogen werden kann, dass einige Lehrkräfte motiviert für das Projekt und damit auch dem informatischen Bereich zugetan sind.

Der Fragebogen für unsere Untersuchung war wie folgt aufgebaut: Die Vorderseite war eine exakte Kopie der ursprünglichen Wunderfrage von Borowski, Diethelm und Wilken [BDW16]: „Stell dir vor, du triffst eine Expertin oder einen Experten, die/der alles über Informatik, Technik, Computer, Handys, Internet, Roboter usw. weiß. Was würdest du gern fragen? Schreibe hier eine oder mehrere Fragen auf.“

Insgesamt sind dadurch 535 Bögen mit Fragen zu digitalen Artefakten erhoben worden, wobei auf einem Bogen häufig mehrere bzw. verschachtelte Fragen gestellt wurden. Auf der Rückseite der Bögen wurden die Kinder außerdem gebeten, zu verschiedenen Aussagen Stellung zu nehmen, wie beispielsweise „Ich möchte später einen Beruf haben, der viel mit Computern zu tun hat“. Dabei gab es die Auswahlmöglichkeiten „ja sehr gern“, „eher ja“, „eher nicht“, „gar nicht“ und „ich weiß nicht“.

4 Auswertung

Die Grundschüler*innenfragen wurden in dieser Untersuchung mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse durch eine Person nach zwei verschiedenen Kategoriensystemen klassifiziert. Dies diente dazu, dass die Kategorisierung der Fragen zum einen Aufschluss darüber geben sollte, zu welchen Hauptinhalten die Grundschüler*innen Fragen von welcher Art haben. Zum anderen sollte die Einordnung der Fragen anhand des Frankfurt-Dreiecks untersucht werden, wobei speziell ermittelt werden sollte, ob zwischen der Art der gestellten Fragen und dem Wunsch, später einen Beruf zu erlernen, der viel mit Informatik und Technik zu tun hat, ein Zusammenhang besteht. Insgesamt gab es eine codierende Person, die in Absprache mit zwei weiteren Personen codiert hat, sodass insgesamt drei Personen an der Auswertung der Daten beteiligt waren.

Im ersten Kategorisierungsdurchgang wurden die Fragen anhand von Hauptinhalt (bspw. Handy, Computer etc.) und Art der Frage (bspw. Entwicklung, Aufbau etc.) klassifiziert. Damit nach der Analyse ein Vergleich getätigt werden konnte, ob und wie sich die Fragen der Lernenden im Laufe der Zeit ändern, wurde zu Beginn der Analyse das Kategoriensystem von Wilken übernommen, da Grundschüler*innenfragen ebenfalls den Hauptgegenstand seiner Untersuchung darstellen [Wi13, S. 37]. Es wurden somit deduktiv und zusätzlich induktiv am Material Kategorien gebildet. Dabei wurde sich an das Ablaufschema von Kuckartz [Ku18] gehalten. So wurden die Fragen zuerst in diejenigen Hauptkategorien eingeordnet, die von Wilken übernommen wurden, um in einem weiteren Schritt alle codierten Fragen zusammenzustellen, die die gleiche Hauptkategorie aufweisen. Dabei mussten einige Hauptkategorien („Tablet“, „Berufsbezogen“, „Informatik“, „Technik“ und „Expert*in persönlich“, in die die Fragen eingeordnet wurden, die an den*die Expert*in persönlich gerichtet sind) hinzugefügt werden, die es bei Wilken noch nicht gab. Danach wurden die Fragen in die bereits bei Wilken vorhandenen Subkategorien eingeordnet und

bei Bedarf neue Subkategorien gebildet. Das so entstandene Kategoriensystem wurde daraufhin noch einmal untersucht. Dabei wurde entschieden, dass die Unterkategorien Sicherheit/Stabilität und Programmieren, die Wilken als Unterkategorie der Hauptkategorien festgelegt hat, als eigene Hauptkategorien anzulegen sind, weil dies wichtige und zentrale Themen in der Informatik sind. Zum Schluss wurden alle Fragen mit dem so entstandenen Kategoriensystem noch einmal durchgegangen, um das komplette Material codieren zu können.

Im zweiten Kategorisierungsdurchgang wurden die Fragen danach klassifiziert, welcher Perspektive des Frankfurt-Dreiecks sie zuzuordnen wären. Dies sind die „technologisch-mediale Perspektive“, „gesellschaftlich-kulturelle Perspektive“ und „Interaktionsperspektive“ sowie „nicht einzuordnen“. In diesem zweiten Kategoriendurchlauf wurden die Kategorien demnach allein deduktiv aus dem Frankfurt-Dreieck gebildet. Beim Betrachten des entstandenen Kategoriensystems aus dem ersten Kategoriendurchlauf ist vor dem Einordnen in die Kategorien nach dem Frankfurt-Dreieck aufgefallen, dass einige der einzelnen Kategorien aus diesem ersten Durchlauf bereits klar in das Frankfurt-Dreieck einsortiert werden konnten, ohne dass alle Fragen aus diesen Kategorien noch einmal durchgegangen werden mussten. So konnten zum Beispiel alle Fragen zur Funktionsweise der technologisch-medialen Perspektive zugeordnet werden.

5 Ergebnisse

Das Ergebnis der Kategorisierung nach Hauptinhalt der Frage ist in Abbildung 1 zu sehen. Es ist zu erkennen, dass die meisten Fragen zu dem Thema Handy gestellt wurden, da das Handy in 16,64 % der gestellten Fragen deren Hauptinhalt war. An zweiter Stelle kommt der Roboter, zu dem die Kinder in 15,18 % der Fragen etwas wissen wollten. Des Weiteren wurden mit 11,44 % und mit 10,92 % der Fragen viele Fragen zu den Themen Computer und Internet gestellt. Auffällig ist die deutlich hohe Anzahl an Fragen, die an die Expertin oder den Experten persönlich gestellt wurden. Vergleichsweise wenig Fragen wurden allerdings zu dem Thema Programmieren mit 3,67 % gestellt.

In Abbildung 2 ist die Häufigkeit der Fragen zu den Unterkategorien der Hauptkategorien Handy, Roboter, Internet und Computer dargestellt. Es fällt auf, dass sich die meisten Fragen der Kategorien Handy, Roboter und Computer auf deren Aufbau richteten. Die Frage „Wie wird das gebaut?“ ist dementsprechend eine, die viele Kinder beschäftigt. Beim Internet hingegen fragen die meisten Grundschüler*innen eher danach, wie es entstanden ist und wer es erfunden hat.

Die Kategorisierung anhand des Frankfurt-Dreiecks ergab, dass der Anteil von Fragen aus technologisch-medialer Perspektive mit 36,15 % höher ist als der Anteil von Fragen aus der Interaktionsperspektive, der 33,69 % beträgt. Das bedeutet, dass sich viele Kinder Fragen stellen, die sich mit der Funktionsweise und dem Aufbau von digitalen Artefakten beschäftigen. Der Anteil von Fragen aus gesellschaftlich-kultureller Perspektive ist mit

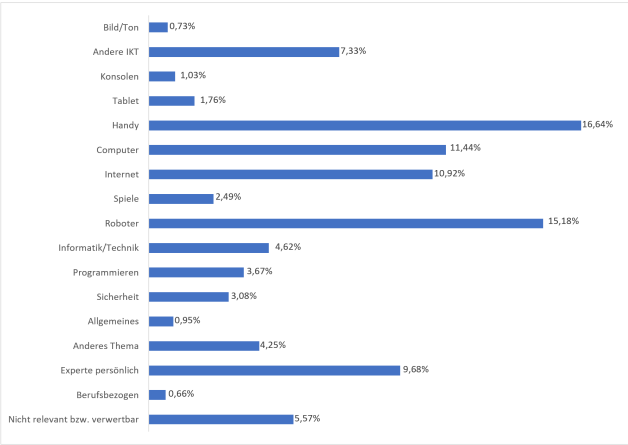


Abb. 1: Ergebnisse der Kategorisierung nach Hauptinhalt der Frage

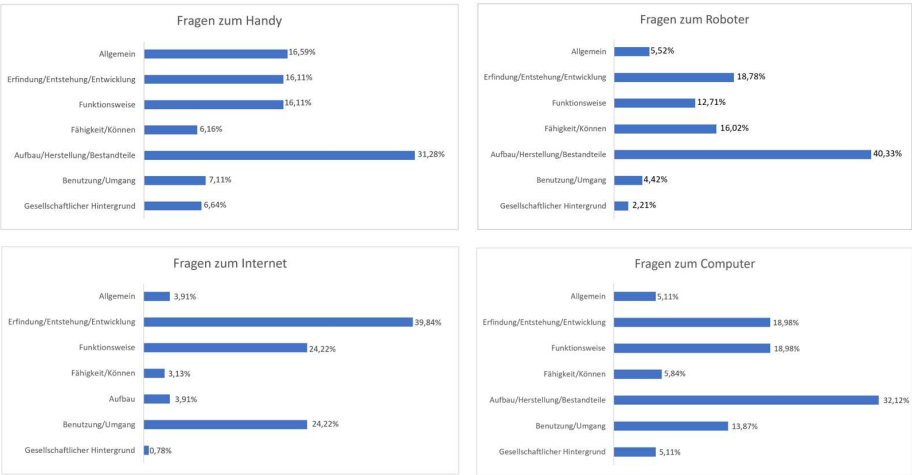


Abb. 2: Arten der Fragen zu den vier häufigsten Hauptinhalten

7,83 % dagegen vergleichsweise gering. Auffällig ist die hohe Anzahl von Fragen, die nicht in das Frankfurt-Dreieck eingeordnet werden kann.

In der Abbildung 3 sind in der linken Grafik die Fragen zu sehen, die diejenigen Kinder gestellt haben, die „ja sehr gern“ oder „eher ja“ bzgl. der Aussage „Ich möchte später einen Beruf haben, der viel mit Computern zu tun hat“ angekreuzt haben. Auf der rechten Grafik sind die Fragen der Kinder zu sehen, die „eher nicht“ oder „gar nicht“ bzgl. der gleichen Aussage angekreuzt haben. In der linken Grafik ist der Anteil der Fragen aus technologisch-

medialer Perspektive am höchsten. Das bedeutet, dass die Mehrheit der Fragen der Kinder, die „ja sehr gern“ oder „eher ja“ angekreuzt haben, technologisch-medialer Herkunft sind. In der rechten Grafik ist hingegen zu erkennen, dass der Anteil der Fragen aus der Sicht der Interaktionsperspektive am größten ist, sodass die Mehrheit der Fragen der Kinder, die „eher nicht“ oder „gar nicht“ angekreuzt haben, anwendungsbezogen sind.

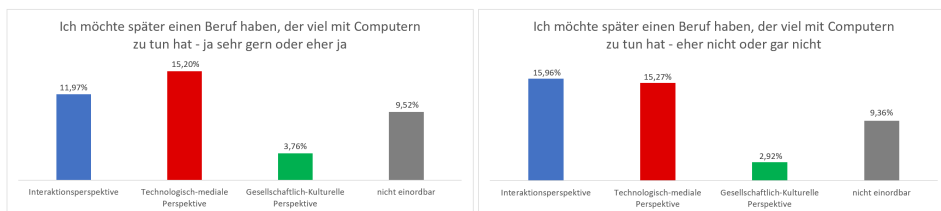


Abb. 3: Zusammenhang zwischen der Perspektive der Frage nach dem Frankfurt-Dreieck und dem Wunsch, einen Beruf zu erlernen, der viel mit Computern zu tun hat

6 Ergebnisdiskussion

Anhand der Ergebnisse der Kategorisierung nach Hauptinhalt der Frage, kann vermutet werden, dass Grundschulkinder mit Informatik besonders die vier Themen Handy, Roboter, Internet und Computer assoziieren. Bei Betrachtung der anderen Inhalte, die neben den vier meist erfragten Themenbereichen Gegenstand der Fragen sind, fällt auf, dass mit 9,68 % der Fragen, sehr viele Fragen an die Expertin oder den Experten gestellt wurden. Dies könnte an der Fragestellung liegen. In dieser steht zwar nicht explizit „Was würdest du die Expertin oder den Experten fragen?“, allerdings könnten die Kinder diese Aufgabenstellung herausgelesen haben, da der erste Teil der Aufgabe mit der Vorstellung arbeitet, eine Expertin oder einen Experten zu treffen und der zweite Teil der Aufgabe auf die Frage „Was würdest du gern fragen?“ ausgerichtet ist. Für Nachfolgestudien wäre es daher ratsam, diese Formulierung und eine damit entsprechend verbundene Aufgabenstellung abzuändern, um die Fragestellung so aus einem derartigen Kontext und von Personen zu lösen.

Des Weiteren fällt auf, dass mit 3,67 % vergleichsweise wenig Fragen zum Thema Programmieren gestellt wurden. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass Grundschulkinder mit Informatik nicht zuerst die Programmierung assoziieren, was insofern erfreulich ist, als Informatik nicht nur aus dem Themenfeld Programmieren besteht. Dennoch steht dieses Ergebnis im Kontrast zu dem Ergebnis von Bodenstein. In seiner Arbeit wurden 20,9 % der analysierten Fragen zum Thema Programmieren gestellt [Bo16, S. 51]. Dieser Unterschied, könnte dadurch begründet werden, dass Bodenstein ältere Schüler*innen befragt hat und seine Stichprobe in der Mehrheit aus Informatik-Kursen bestand, in denen Programmierung thematisiert wurde. Es ist denkbar, dass Grundschulkinder dagegen noch keine konzeptionelle Vorstellung vom Programmieren haben.

Beim Vergleich unserer Ergebnisse mit denen von Wilken [Wi13] zeigt sich, dass die vier Themen, zu denen die Grundschüler*innen in Wilkens Forschung die meisten Fragen

gestellt hatten, auch die Themen sind, zu denen die von uns befragten Kinder die meisten Fragen gestellt haben. Die Reihenfolge der vier Themen hat sich jedoch geändert: Während bei Wilken zum Internet die meisten Fragen gestellt wurden, steht es in unserer Arbeit lediglich an vierter Stelle. Zum Handy hatten die Kinder in unserer Arbeit die meisten Fragen, während das Handy bei Wilken erst an vierter Stelle steht. An zweiter Stelle steht bei Wilken der Computer, der in unserer Arbeit an dritter Stelle rangiert. An zweiter Stelle in dieser Arbeit steht dagegen der Roboter, der bei Wilken an dritter Stelle steht. Das Internet hat also an Relevanz bei den Kindern verloren, während das Handy interessanter wurde. Außerdem hat der Roboter den Computer bzgl. des Interesses der Kinder an ihm überholt.

Wilken stellt in seiner Arbeit heraus, dass die Grundschüler*innen, die im Zuge seiner Forschung befragt wurden, den „Internetversther“ (vgl. www.it2school.de) im Anschluss an die Befragung im Unterricht behandelt haben und sich die Kinder dessen auch bewusst waren. Er stellt die Vermutung auf, dass so die hohe Anzahl der Fragen zum Internet begründet werden kann, was auch erklären würde, dass das Internet im Verlauf der Zeit an Relevanz verloren hat, da die befragten Kinder in unserer Forschung den „Internetversther“ vor der Befragung nicht kannten.

Die Relevanz des Handys, die im Laufe der Zeit zugenommen hat, kann nicht darin begründet werden, dass der Anteil an Smartphones in den Haushalten von Kindern in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Beim Vergleich der Ergebnisse der KIM-Studie 2012 [Me12, S. 8-9] mit den Ergebnissen derselben Studie aus 2018 [Me18, S. 8-10] fällt auf, dass der Anteil von Handys/Smartphones in den Haushalten von Kindern und der eigene Besitz von Handys/Smartphones gleich geblieben ist. So ist zu vermuten, dass der Anteil an Handybesitz zwar nicht gestiegen ist, jedoch die Nutzung der Handys. Vor sechs Jahren war die Funktionsweise der Handys deutlich eingeschränkter als heutzutage. Daher könnte es sein, dass die Kinder 2012 die Handys nicht so intensiv genutzt haben wie heutzutage und daher auch noch nicht so viele Fragen zum Thema Handy hatten.

Durch die Tatsache, dass die Grundschüler*innen zum Handy, Computer und Roboter eher Fragen nach dem Aufbau gestellt haben, kann vermutet werden, dass die Kinder diese digitalen Artefakte gern auch selbst herstellen und beispielsweise ein Handy oder einen Roboter nach ihren Wünschen gestalten würden. Dieser Wunsch des Erschaffens scheint einen Trend in der heranwachsenden Generation darzustellen. Zum Internet fragen die Kinder eher nach der Entstehung, was daran liegen könnte, dass das Internet nicht greifbar ist und daher für die Kinder auch keinen Gegenstand darstellt, der aufgebaut wird, sondern ihrer Meinung nach 'irgendwie anders' entstanden ist.

Die hohe Anzahl von Fragen, die nicht in das Frankfurt-Dreieck einzuordnen waren, ist zustande gekommen, da Fragen wie „Was ist das?“ nicht einzuordnen waren, da bei dem Frankfurt-Dreieck das digitale Artefakt in der Mitte des Dreiecks steht und dieses demnach nur dann in eine oder mehrere Perspektiven eingeordnet werden kann, wenn die betreffende Person weiß, was das Artefakt darstellt. Des Weiteren wurden viele Fragen zu Themen

gestellt, die nicht zu Informatik gehören, sodass diese auch nicht in das Dreieck eingeordnet werden konnten.

7 Ausblick und Fazit für Lehrkräfte

Die vorliegend dargestellte Arbeit hat gezeigt, dass Schüler*innen auch schon im Grundschulalter sehr viele Fragen zu digitalen Artefakten haben. Auf den Fragebögen hatten 92,71 % der Kinder mindestens eine Frage bzw. 58,50 % mehr als eine Frage und eine Schülerin hat sogar 12 Fragen gestellt. Dies zeigt, dass das Interesse von Kindern an digitalen Artefakten und Informatik auch schon im Grundschulalter sehr hoch ist.

Bei Betrachtung der Veränderung der Fragen im Laufe der Zeit, fällt auf, dass die Themen, zu denen die Kinder die meisten Fragen gestellt haben, gleich geblieben sind, sich das Ranking jedoch leicht verändert hat. Es ist ebenfalls interessant, dass die Lernenden in dieser Untersuchung zu den Hauptinhalten (wie Handy, Computer, Internet etc.) Fragen von derselben Art (wie Entwicklung, Funktionsweise, Aufbau) gestellt haben. Dies ist Wilken 2013 in seiner Masterarbeit ebenfalls aufgefallen, sodass die Vermutung aufgestellt werden kann, dass auch bei einer wiederholten Befragung in ein paar Jahren ein ähnliches Ergebnis erzielt werden wird.

Der Mehrwert dieser Arbeit im Vergleich zu den vorherhigen Forschungsergebnissen liegt in der Aktualität der Grundschüler*innenfragen. Seit den vorherigen Arbeiten ist die Digitalisierung immens fortgeschritten, sodass die Schüler*innenfragen dieser vorherigen Arbeiten nicht mehr als aktuelle Quelle genutzt werden können. Des Weiteren untersucht die vorliegend dargestellte Arbeit als erste die Einordnung der Schüler*innen anhand des Frankfurt-Dreiecks. Eine solche Betrachtungsweise von Schüler*innenfragen wurde bislang noch nicht erforscht.

Als Konsequenz aus dieser Arbeit kann ganz klar die Dringlichkeit von Informatikunterricht auch schon in der Grundschule unterstrichen werden. Die KIM-Studie belegt, dass die Kinder in diesem Alter schon sehr viele Berührungspunkte mit digitalen Medien haben. Diese Arbeit zeigt überdies, dass Grundschulkinder außerdem Fragen zu diesen digitalen Artefakten aus ihrer Lebenswelt haben. Diese Fragen sollten innerhalb eines strukturiert verankerten Ortes im Unterricht der Grundschule einen festen Platz finden; zum Beispiel in Form von Einstiegsstunden, in denen ein Bezug zu der Lebenswelt der Schüler*innen hergestellt werden kann. Im Unterricht sollten dabei allerdings nicht nur die Fragen der Kinder beantwortet werden. Stattdessen wäre es ratsam anschließend an die Behandlung einzelner Fragen eine Überleitung zu verwandten Themen zu schaffen, sodass die Kinder durch einen für sie relevanten Einstieg angeregt werden, etwas für sie Neues zu entdecken und ihren Erfahrungshorizont zu erweitern.

Zur Fortbildung der Grundschullehrkräfte können die gesammelten Fragen dienen. Diese könnten in einem nächsten Schritt auch in Bezug zu den empfohlenen Kompetenzen im Primarbereich [Ge19] gesetzt werden.

Literatur

- [Ba11] Barthel, H.: Informatikunterricht: Wünsche und Erwartungen von Schülerinnen und Schülern, Dissertation, Universität Kiel. 2011.
- [BDW16] Borowski, C.; Diethelm, I.; Wilken, H.: What children ask about computers, the Internet, robots, mobiles, games etc. In: Proceedings of the 11th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. S. 72–75, 2016.
- [Bo16] Bodenstein, L. H.: Qualitative Analyse von Schülerfragen zur Informatik, Masterarbeit, Universität Oldenburg, 2016.
- [Br16] Brinda, T.; Diethelm, I.; Gemulla, R.; Romeike, R.; Schöning, J.; Schulte, C.: Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt, März 2016, URL: <https://gi.de/themen/beitrag/dagstuhl-erklaerung-bildung-in-der-digital-vernetzten-welt>.
- [Br19] Brinda, T.; Brüggem, N.; Diethelm, I.; Knaus, T.; Kommer, S.; Kopf, C.; Missomelius, P.; Leschke, R.; Tilemann, F.; Weich, A.: Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 25–33, 2019.
- [DBW10] Diethelm, I.; Borowski, C.; Weber, T.: Identifying relevant CS contexts using the miracle question. In: Proceedings of the 10th Koli Calling International Conference on Computing Education Research. S. 74–75, 2010.
- [Ge19] Gesellschaft für Informatik: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. de/, 2019, URL: www.informatikstandards.de, Stand: 05.07.2019.
- [Ho16] Hobmair, H.; Altenhan, S.; Betscher-Ott, S.; Gotthardt, W.; Höhle, R.; Ott, W.; Pöll, R., Hrsg.: Pädagogik. Bildungsverlag EINS, Köln, 2016.
- [Ku18] Kuckartz, U.: Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: 4. Auflage. Beltz Juventa, Weinheim, 2018, ISBN: 3779936828.
- [Me12] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest: KIM-Studie 2012. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6-bis 13-Jähriger, 2012.
- [Me18] Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest: KIM-Studie 2018. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6-bis 13-Jähriger, 2018.
- [Pr95] Prenzel, M.: Zum Lernen bewegen. Unterstützung der Lernmotivation durch Lehre. Blick in die Wissenschaft 4/7, S. 58-66, 1995.
- [Wi13] Wilken, H.: Qualitative Analyse von empirisch erhobenen Fragen von Grundschulinnen und Grundschülern zu Internet, Computer, Handy & Co, Masterarbeit, Universität Oldenburg, 2013.

Informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrkräftebildung – Erkenntnisse und Erfahrungen aus einem online-gestützten Studienangebot

Stefan Seegerer,¹ Tilman Michaeli,² Ralf Romeike³

Abstract: Vor dem Hintergrund der digitalen Transformation zeichnet sich inzwischen der Konsens ab, dass informatische Bildung eine zentrale Rolle in der Ausgestaltung einer „digitalen Bildung“ einnimmt: Über den effizienten und reflektierten Einsatz von Informatiksystemen hinaus ergeben sich für alle Schulfächer neue Themen und Methoden, die informatische Kompetenz verlangen und gerade in der Lehrkräftebildung aller Fächer und Schularten verankert werden müssen. Als besondere Herausforderung stellt sich vor dem Hintergrund der Heterogenität der Studierenden die Frage, wie Motivation, fachlicher Anspruch und Anwendbarkeit im Fachunterricht in Einklang gebracht werden können. In diesem Beitrag werden zentrale Erkenntnisse und Erfahrungen der forschungsgeleiteten Entwicklung und anschließenden Beforschung eines online-gestützten Studienangebots dargestellt, das Lehramtsstudierenden aller Fächer und Schularten grundlegende informatische Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt vermittelt. Auf dieser Basis werden Erfolgsfaktoren und Good Practices in der Gestaltung des Angebots herausgearbeitet. Dabei zeigt sich, dass die Ausgestaltung solcher Studienangebote gelingen kann, wenn anschauliche Beispiele genutzt, Kommunikation und Kollaboration gefördert und insbesondere Bezüge und Anwendungsperspektiven für die jeweiligen Fächer berücksichtigt werden.

Keywords: Informatische Bildung; Digitale Bildung; Allgemeine Lehrerbildung; Studienangebot

1 Einleitung

Mit der digitalen Transformation verändert sich die Art und Weise wie wir kommunizieren, Technologien nutzen, arbeiten oder Informationen sammeln in allen Lebensbereichen. Auch die Schulfächer sind diesem Transformationsprozess über den effizienten und reflektierten Einsatz von Informatiksystemen hinaus unterworfen [GF18]. So werden etwa im naturwissenschaftlichen Unterricht mithilfe von Simulationen und Datenanalysen – die auch als drittes und viertes Standbein der Wissenschaft bezeichnet werden – Erkenntnisse gewonnen oder mittels Sensoren digitale Messwerte erfasst; im Wirtschaftsunterricht werden digitale Geschäftsmodelle und deren Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt thematisiert und im Religionsunterricht Ethik im Kontext von Algorithmen und künstlicher Intelligenz diskutiert. Diese Veränderungen, die sowohl Inhalte wie künstliche Intelligenz als auch Methoden

¹ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, stefan.seegerer@fu-berlin.de

² FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, tilman.michaeli@fu-berlin.de

³ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, ralf.romeike@fu-berlin.de

wie Datenanalysen oder Simulationen betreffen, stellen dabei einen wichtigen Aspekt der „digitalen Bildung“ dar.

Lehrkräfte aller Fächer und Schularten benötigen entsprechende Kompetenzen, um diese Veränderungen in ihrem Unterricht sachgerecht aufgreifen zu können. Informatische Bildung nimmt dabei einen zentralen Stellenwert ein: Erst Kompetenzen im Umgang mit und der Auswertung von Daten oder ein Grundverständnis der Algorithmik ermöglichen es, korrespondierende Phänomene im Unterricht fundiert zu adressieren. Die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften ist dementsprechend eine zentrale Aufgabe im Kontext digitaler Bildung, bei der die Informatik eine Führungsrolle übernehmen muss. Dabei stellt sich als besondere Herausforderung vor dem Hintergrund der Heterogenität der Studierenden die Frage, wie Motivation, fachlicher Anspruch und Anwendbarkeit im Fachunterricht in Einklang gebracht werden können. Daher werden in diesem Beitrag zentrale Erkenntnisse und Erfahrungen der forschungsgeleiteten Entwicklung und anschließenden Beforschung eines online-gestützten Studienangebots dargestellt, das Lehramtsstudierenden aller Fächer und Schularten grundlegende informatische Kompetenzen für das Unterrichten in der digitalen Welt vermittelt.

2 Hintergrund

Digitale Bildung bedeutet für alle Schulfächer neue Themen und Methoden [GF18], die über den effizienten und reflektierten Einsatz von Informatiksystemen hinausgehen und gerade in der Ausbildung von Lehrkräften aller Fächer und Schularten verankert werden müssen. Nicht nur aus informatikdidaktischer Perspektive zeichnet sich inzwischen der Konsens ab, dass informatische Bildung eine zentrale Rolle in der Ausgestaltung einer solchen digitalen Bildung einnimmt und Lehrkräfte aller Schulfächer entsprechende informatische Kompetenzen benötigen. Verschiedene Akteure fordern die Verankerung dafür notwendiger Grundlagen der Informatik in der Lehrerbildung. In Anlehnung an die KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ hat die *Forschungsgruppe Digitaler Campus Bayern* 19 Kompetenzen für Unterrichten in der digitalen Welt formuliert [Fo17]. Dort werden explizit sog. medienbezogene informatische Kenntnisse gefordert, die u. a. „Konzeptwissen über Datenbanken und Algorithmen“ einschließen. Eine vom BMBF einberufene Expertenkommission fordert zudem, dass „[a]lle Einrichtungen der Lehrerbildung [...] informatische Kompetenz (im Sinne von algorithmischem Denken, Data Literacy, Computational Thinking und Datensicherheit) [fördern müssen]“ [va19] und auch in den KMK-Lehrerbildungsstandards finden sich nun entsprechende Kompetenzanforderungen [Ku19].

Allerdings existieren bislang nur wenige Ansätze, die informatische Grundlagen in der allgemeinen Lehrkräfteausbildung verankern. Einer dieser Ansätze ist die Ringvorlesung „Informatik im Alltag“ der Universität Wuppertal [LH19; MFH13]. 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“. [Ya14] integrierten ein einwöchiges

Modul (2x50 Minuten Vorlesung) zu Computational Thinking (CT) in einen Psychologiekurs für Lehramtsstudierende. In diesem kurzen Modul wird insbesondere auf die zugehörigen Konzepte Abstraktion, logisches Denken, Algorithmen und Debugging eingegangen sowie deren Bedeutung im Unterricht genauer erläutert. Ein speziell für angehende Grundschullehrkräfte konzipiertes Angebot haben [DH17] 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.

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 Fachunterricht, die aufgrund der Veränderung aller Fächer notwendig ist, bisher weitestgehend nicht im Fokus existierender Angebote. Nach bisherigen Erfahrungen können entsprechende Bezüge mit einem fachlich orientierten Zugang „nur eingeschränkt hergestellt werden“ [LH19]. 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.

3 Vorgehen

Im Folgenden sollen zentrale Erkenntnisse und Erfahrungen der forschungsgeleiteten Entwicklung, Erprobung und Evaluation des Studienangebots 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. Darauf aufbauend wird die Umsetzung in Form organisatorischer Entscheidungen und theoretisch fundierter und im Rahmen der Begleitforschung ausgeschärfter Gestaltungsprinzipien dargestellt, die die Rahmenbedingungen und Herausforderungen adressieren. Anhand der modulbegleitenden Evaluation wird dabei untersucht, wie bestimmte Gestaltungsentscheidungen wahrgenommen wurden. Abschließend wird das gesamte Studienangebot in einem Pre-Post-Design evaluiert. Dies ermöglicht es, Rückschlüsse über die Eignung der Gestaltungsprinzipien und organisatorischen Entscheidungen zu ziehen.

4 Entwicklungsleitende Fragestellungen, Umsetzung und Ergebnisse

4.1 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, mangelnden Vorwissens [DH17] und unzureichender Vorstellungen von Informatik und ihrer Rolle im digitalen Wandel nur wenige Studierende ein intrinsisches

Interesse mitbringen. So wird Informatik als komplex wahrgenommen [LH19] und auf die Arbeit mit dem Computer reduziert [Ya14]. Viele sehen nicht die Notwendigkeit, ihre Rolle vom „Outsider“ zum „Insider“ zu verändern [KS07] und auch in vielen Fachdidaktiken wird der Diskurs zur digitalen Bildung vom Einsatz digitaler Medien im Unterricht dominiert. Die wichtigste Herausforderung ergibt sich aus unserer Sicht damit aus der Motivation: ***Wie können wir Studierende dafür gewinnen, sich mit informatischen Themen auseinandersetzen zu wollen und wie können wir die Motivation kontinuierlich aufrechterhalten 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 sowie 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 (beispielsweise 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 beispielsweise im Kontext des Programmierenlernens regelmäßig als demotivierend wahrgenommen werden [KS10]. 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?***

4.2 Ausgestaltung des Studienangebots

Organisatorisch wurde das Studienangebot als fakultatives Blended-Learning-Seminar (5 ECTS) zur Vermittlung von „Kompetenzen zum Unterrichten in der digitalen Welt“ ausgestaltet und beworben und hierbei die oben genannten 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 die enge Zusammenarbeit und gemeinsame Umsetzung mit Kollegen aus der Mediendidaktik Deutsch und den Medienwissenschaften sollte der informatische Kern zunächst im Hintergrund bleiben. Fünf der zwölf Module der Lehrveranstaltung befassen sich dezidiert mit dem Erwerb informatischer Kompetenzen, wobei exemplarisch Themen aus dem breiten Themenspektrum der Informatik mit den Anforderungen im Kontext der digitalen Bildung

verwoben wurden (vgl. Tab. 1)⁴. Die 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. Im Zuge der Skalierung und der Covid19-Pandemie reduzierte sich der synchrone Anteil auf die Durchführung und Präsentation der abschließenden Projektphase. Der Verlust der Möglichkeit, in persönlicher Begegnung haptische und kollaborative Lernerfahrungen zu machen, wurde durch angemessene, in den Gestaltungsprinzipien berücksichtigte Alternativen ausgeglichen.

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: Computer und Internet	9: Simulationen im Fachkontext
4: Kreativität in der Digitalisierung	10: Soziale Netzwerke
5: Fachspezifische Probleme mit Alg. lösen	11: Ausblick: Digitale Möglichkeiten und Grenzen

Tab. 1: Module des Seminars, Module mit Schwerpunkt Informatik in **fett**

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:

Durch **Scaffolding** wird der Lernprozess durch leitende Hilfestellungen unterstützt und werden die Freiheitsgrade bei der Ausführung einer Aufgabe zunächst eingeschränkt [Li12]. Diese (optionale) zeitweilige Unterstützung soll beim Verständnis neuer Konzepte helfen, sodass Lernende später ähnliche Aufgaben eigenständig bearbeiten können. Im Rahmen des Seminars wurde dafür insbesondere der Use-Modify-Create-Ansatz [Le11] genutzt, auf Erklärvideos zurückgegriffen und praktische Aufgaben zunächst kleinschrittig angeleitet, womit den geringen Vorerfahrungen der Studierenden Rechnung getragen werden sollte. In den Freitextantworten der modulbegleitenden Evaluationen zeigte sich, dass beispielsweise die Übungen zur Programmierung eine Herausforderung darstellten, die Videos hierzu aber als besonders hilfreich bewertet wurden, sodass solche Hilfestellungen für Programmieraufgaben konsequent ausgebaut wurden.

Um eine **Kontextualisierung** in unterschiedlichen Fächern zu erreichen, werden Anwendungsbeispiele oder Beziehungen zu den Fächern aufgezeigt und gesellschaftliche Implikationen berücksichtigt [Gu10]. Die exemplarischen Beispiele wurden in Reflexionsaufgaben von den Studierenden auf die eigenen Unterrichtsfächer übertragen, um so die Anwendbarkeit im Fachunterricht sicher zu stellen. In den Rückmeldungen der Studierenden zeigt sich, dass für sie durch die Kontextualisierung immer wieder erfolgreich die Bedeutung

⁴ Eine öffentlich zugängliche Version der Module findet sich auf <https://digi4a11.de>.

für das eigene Fach und den Unterricht erkennbar wurde. Weiterhin zeigen die Evaluationen, dass insbesondere die Relevanz der Programmierung durch entsprechende Kontexte und anschauliche Beispiele verdeutlicht werden muss.

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 [Wa13], die Aktivitäten aber auch direkt oder übertragen im eigenen Unterricht angewandt werden können. In den Evaluationen hoben die Studierenden jenen Bezug kontinuierlich als besonders praktisch für den eigenen Unterricht hervor.

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. Hierzu wurden unter anderem Diskussionsforen, digitale Pinnwände oder dezidiert kollaborativ zu lösende Aufgaben eingesetzt. Damit 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 adressiert werden [Ar05]. Die Aufgaben zum gegenseitigen (Ideen-)austausch wurden dabei von den Studierenden als bereichernd empfunden, gerade weil damit zur Relevanz der Inhalte beigetragen werde.

Um motivationale und fachliche Hürden für die Studierenden zu senken, wurden *niederschwellige Zugänge* durch aktives Handeln und spielerisches Ausprobieren als durchgängiges Gestaltungsprinzip angewandt [PR14]. Hierzu wurden unter anderem Animationen, Applets, Spiele oder die Programmierumgebung Snap! genutzt. 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. Gerade solche Elemente wurden von den Studierenden in den Freitextkommentaren häufig positiv erwähnt und als motivationsförderlich beschrieben.

4.3 Gesamtevaluation und Einordnung

Seit der Pilotierung der ersten Module im WS 2018/19 wird das Seminar jedes Semester und aufgrund des steigenden Interesses an inzwischen drei Universitäten angeboten. In der Gesamtschau der bisher 709 Studierenden fällt ein für Informatiklehrveranstaltungen außergewöhnlich hoher Anteil an weiblichen Studierenden von 75% auf, der darauf zurückzuführen ist, dass auch ein großer Anteil aus dem Grundschullehramtsstudium gewonnen werden konnte. Vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung informatischer Bildung in der Grundschule [St18] ist das besonders erfreulich, auch in Hinblick auf die Evaluationsergebnisse.

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-Test⁵ ein signifikanter Anstieg mit mittlerer Effektstärke nach [Co92] 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% der Befragten sehen Informatik nun als mindestens eher interessant an, nur noch 8% als eher langweilig. Es ist zu vermuten, dass das Aufzeigen der Breite der Informatik und der 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 unseren Erwartungen – nur geringe Vorkenntnisse festzustellen (vgl. Abb. 1). Vergleicht man die Ergebnisse derjenigen, die Informatikunterricht besucht haben (46%), 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 $\alpha = 0,05$).

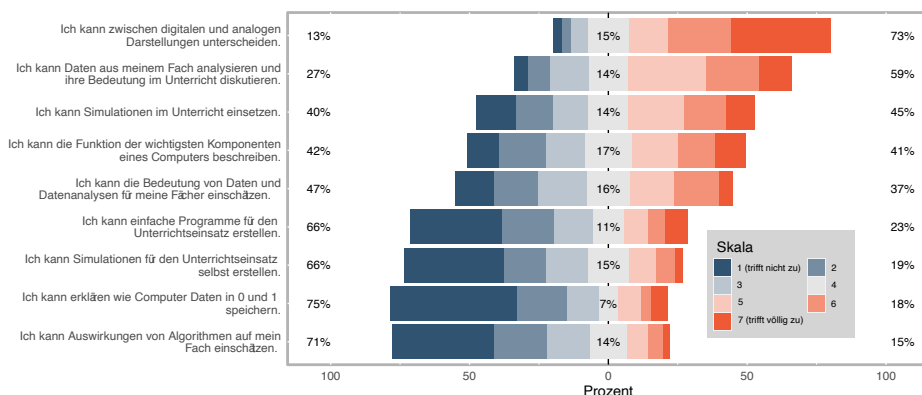


Abb. 1: Selbsteinschätzung der Studierenden im Pretest (n=424)

Im Posttest konnte ein Matching bei 231 Teilnehmerinnen und Teilnehmern anhand des individuellen Teilnehmercodes hergestellt werden. Die Antworten der Teilnehmenden, 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 für die eigenen Fächer) nicht signifikant von denen, bei denen kein Matching vorlag, sodass von einer ausreichenden Repräsentativität der Ergebnisse ausgegangen werden kann. In Tab. 2 sind

⁵ Aufgrund nicht vorliegender Normalverteilung wurden stets nicht-parametrisierte Testverfahren eingesetzt.

die jeweiligen Mediane, der p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (H_0 : Kein oder negativer Versuchseffekt)⁶ und der Korrelationskoeffizient r ⁷ als Maß für die Effektstärke dargestellt.

	med pre	med post	Wilcoxon-Test	r
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

Tab. 2: Einschätzung der eigenen Kompetenzen (n=231, Likertskala von 1 (trifft nicht zu) bis 7 (trifft völlig zu))

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.

5 Diskussion und Fazit

Die Verankerung informatischer Bildung in der Lehrerbildung aller Fächer und Schularten stellt eine zentrale Aufgabe im Kontext digitaler Bildung dar. Unsere 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.

Eine spannende Beobachtung der Durchführung war, dass *Digitalisierung* in der Auffassung der Studierenden zu Beginn fast ausschließlich auf die *Mediennutzung* bezogen wurde. Im

⁶ Signifikante Testergebnisse zu einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ sind durch ein * gekennzeichnet.

⁷ 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 [Co92] 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.

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 sehen wir als zentrales Erfolgskriterium an. Eine besondere, aber lohnenswerte Herausforderung für die Studierenden bleibt jedoch weiterhin die Programmierung. Dabei haben wir die Erfahrung gemacht, dass – gerade in Online-Umgebungen – kleinschrittiges und intensiviertes Scaffolding notwendig sind und auch hierbei eine entsprechende Kontextualisierung zentral ist, um die Relevanz zu verdeutlichen und damit zur Motivation beizutragen, sodass die meisten Studierenden nicht ohne Stolz von sich sagen konnten: „Ich habe das erste mal programmiert“.

Auch das Interesse der Studierenden an der Informatik stieg im Verlauf des Studienangebots leicht. Ein solcher Anstieg ist dabei nicht selbstverständlich. So stellen etwa [Ya14] fest, dass sich das Interesse von angehenden Lehrkräften an der Informatik durch ihr entsprechendes Kursangebot nicht geändert hat und [Be16] 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.

Zusammenfassend zeigt sich, 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.

Literatur

- [Ar05] Arnold, P.: Einsatz digitaler Medien in der Hochschullehre aus lerntheoretischer Sicht. e-teaching@university 22/12, S. 2008, 2005.
- [Be16] Bergner, N.: Konzeption eines Informatik-Schülerlabors und Erforschung dessen Effekte auf das Bild der Informatik bei Kindern und Jugendlichen, Diss. Aachen: RWTH, 2016.
- [Co92] Cohen, J.: A power primer. Psychological bulletin 112/1, S. 155–159, 1992.

- [DH17] Döbeli Honegger, B.; Hielscher, M.: Vom Lehrplan zur LehrerInnenbildung - Erste Erfahrungen mit obligatorischer Informatikdidaktik für angehende Schweizer PrimarlehrerInnen. In: INFOS 2017. GI, S. 97–107, 2017.
- [Fo17] Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern: Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. merz 4/, S. 65–74, 2017.
- [GF18] GFD: Fachliche Bildung in der digitalen Welt - Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik, 2018, URL: <http://www.fachdidaktik.org>.
- [Gu10] Guzdial, M.: Does contextualized computing education help? ACM Inroads 1/4, S. 4–6, 2010.
- [KS07] Knobelsdorf, M.; Schulte, C.: Das informatische Weltbild von Studierenden. In: INFOS 2007. GI, 2007.
- [KS10] Kinnunen, P.; Simon, B.: Experiencing Programming Assignments in CS1: The Emotional Toll. In: Proceedings of ICER'10. ACM, Aarhus, Denmark, S. 77–86, 2010.
- [Ku19] Kultusministerkonferenz: Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019), 2019, URL: <https://www.kmk.org>.
- [Le11] Lee, I. e. a.: Computational Thinking for Youth in Practice. ACM Inroads 2/1, S. 32–37, Feb. 2011.
- [LH19] Losch, D.; Humbert, L.: Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle. GI, Bonn, S. 119–128, 2019.
- [Li12] Lin, T.-C. e. a.: A review of empirical evidence on scaffolding for science education. International Journal of Science and Mathematics Education 10/2, S. 437–455, 2012.
- [MFH13] Müller, D.; Frommer, A.; Humbert, L.: Informatik im Alltag–Durchblicken statt Rumklicken. HDI 2013 5/, S. 98–104, 2013.
- [PR14] Petre, M.; Richards, M.: Playful pedagogy: empowering students to do, design, and build. In: Informatikkultur neu denken - Konzepte für Studium und Lehre. Springer Vieweg, Wiesbaden, S. 41–54, 2014.
- [St18] Straube, P.; Brämer, M.; Köster, H.; Romeike, R.: Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht. Fachdidaktische Überlegungen und Implikationen 24/, S. 1–11, 2018.
- [va19] van Ackeren, I. e. a.: Digitalisierung in der Lehrerbildung: Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. Die Deutsche Schule 111/1, S. 103–119, 2019.
- [Wa13] Wahl, D.: Lernumgebungen erfolgreich gestalten: vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln. Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn, Deutschland, 2013, ISBN: 9783781519077.
- [Ya14] Yadav, A. e. a.: Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education. ACM TOCE 14/1, März 2014.

Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung von Überzeugungen von Lehrpersonen zu Physical Computing

Thomas Schmalfeldt,¹ Mareen Przybylla²

Abstract: Einstellungen und Überzeugungen von Informatiklehrpersonen spielen neben deren Professionswissen eine große Rolle hinsichtlich der Frage, ob und wie neu erworbenes Wissen in den Schulunterricht integriert wird. Im Themenbereich Physical Computing wurde immer wieder festgestellt, dass Lehrpersonen – trotz anfänglicher Begeisterung – zögerlich agieren, wenn es um die unterrichtliche Umsetzung geht. Daher verfolgen wir das Ziel, die Überzeugungen von Lehrpersonen zu verschiedenen Zeitpunkten während und nach ihrer Ausbildung zu erheben und Aus- und Weiterbildungsangebote auf Grundlage der Ergebnisse entsprechend anzupassen. In diesem Beitrag stellen wir die Entwicklung und Überprüfung eines entsprechenden Testinstruments sowie die Ergebnisse der Pilotstudie vor. Wir identifizieren funktionierende Items und Konstrukte sowie noch zu behebbende Probleme und beschreiben anhand der Daten erste Tendenzen in den Überzeugungen angehender Lehrpersonen.

Keywords: Physical Computing; Überzeugungen von Lehrpersonen; Erhebungsinstrument; motivationale Orientierung; Selbstwirksamkeit

1 Einleitung und Motivation

Physical Computing wird als eigenständiges Thema oder aber über fachliche Inhalte aus den Bereichen eingebettete Systeme international in immer mehr Lehrplänen und Rahmencurricula verankert (z. B. [De15; GI16]). Gerade in Ländern wie der Schweiz, in denen Informatikunterricht insgesamt noch relativ neu ist, bringt dies Schwierigkeiten mit sich. Bereits unterrichtende Lehrpersonen haben häufig keinen Informatikhintergrund, sondern wurden durch kurze Weiterbildungsangebote geschult, das Schulfach Medien und Informatik zu unterrichten. Das Thema Physical Computing erfordert von Lehrpersonen neben der Motivation, sich eigenständig einzuarbeiten, jedoch ein hohes Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten. Unseren Beobachtungen und früheren Studien zufolge (z. B. [Pr17]), haben viele Lehrpersonen zudem Berührungsängste, die sie davon abhalten, Physical Computing – selbst nach entsprechender Fortbildung – im Unterricht durchzuführen. Es ist zudem anzunehmen, dass insbesondere Personen mit negativen Überzeugungen zum Thema Physical Computing im Unterricht möglichst vermeiden oder nur minimalen Aufwand betreiben werden, was sich negativ auf die Qualität des Unterrichts auswirken kann. Entsprechend sollte es ein Ziel der Aus- und Weiterbildung sein, die kurzfristige

¹ Pädagogische Hochschule Zürich, Didaktik der Informatik, Zürich, Schweiz thomas.schmalfeldt@phzh.ch

² Pädagogische Hochschule Schwyz, Institut für Medien und Schule, Goldau, Schweiz mareen.przybylla@phsz.ch

Begeisterung aus entsprechenden Kursen, die einem vielerorts begegnet, in langfristige Begeisterung zu überführen. Hierfür ist es nötig, zunächst die Überzeugungen, motivationale Orientierungen und die Selbstwirksamkeitserwartung von (angehenden) Lehrpersonen zu erheben. Geeignete Messinstrumente für diesen spezifischen Bereich sind derzeit nicht vorhanden, es gibt jedoch etablierte Instrumente, die für unsere Zwecke adaptiert werden können. In diesem Artikel stellen wir die Entwicklung eines solchen Messinstrumentes sowie die Ergebnisse einer Pilotstudie vor. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie berufen wir uns auf folgendes Begriffsverständnis: Physical Computing ist die kreative Gestaltung und Entwicklung interaktiver Objekte. Dazu werden Mikrocontroller wie z. B. Calliope mini oder Arduino programmiert, so dass sie über Sensoren und Aktoren mit ihrer Umgebung und auch untereinander kommunizieren können. Physical Computing geht über typische Robotik-Aktivitäten hinaus, indem es kreative Methoden und Aspekte von Kunst und Design besonders betont (vgl. [Pr18, S. 26ff., 33f.]).

2 Überzeugungen von Lehrpersonen

Während der Aus- und Weiterbildung von Informatiklehrpersonen liegt ein Fokus auf dem Professionswissen, also dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen. Dem Kompetenzmodell der COACTIV-Studie zufolge sind zusätzlich auch die Aspekte „Überzeugungen, Werthaltungen, Ziele“, „motivationale Orientierung“ und „Selbstregulation“ Teil der professionellen Kompetenzen einer Lehrperson [BK11]. Überzeugungen verlangen, anders als Wissen, keine Rechtfertigungen und müssen auch nicht widerspruchsfrei sein [Fe94]. Sie können gar als eine persönliche Repräsentation der Realität betrachtet werden, so dass aufgrund ihrer gehandelt wird. Dies führt dazu, dass Lehrpersonen zu vermittelnde Inhalte entsprechend auswählen und bewerten [RP14], was wiederum Einfluss hat auf die Art der gewählten Instruktionsstrategie [SS02]. Die Erfassung der Überzeugungen von Lehrpersonen ist insofern wichtig, als dass Lehrpersonen mit traditionell geprägten Überzeugungen eher einen instruktiven Unterricht durchführen und diesbezüglich auch eher resistent gegenüber Veränderungen sind [NSF99]. Das Erfassen der Selbstwirksamkeitserwartung ist relevant, da diese sich stark auf die Art des Unterrichts auswirkt [THH98]. Bandura [Ba77] beschreibt die Selbstwirksamkeit als den Glauben an die eigenen Fähigkeiten, Handlungen zu organisieren und auszuführen, die erforderlich sind, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Während in der der Informatik nahestehenden Mathematik die Überzeugungen von Lehrpersonen zum Beispiel in der COACTIV-Studie tiefgreifend untersucht wurden [Vo11], gibt es diesbezüglich in der Informatik nur wenige Arbeiten. Von Bender et al. [BSS18] wurde ein Instrument entwickelt, mit welchem professionelle Überzeugungen und motivationale Orientierungen von Informatiklehrpersonen erhoben werden können. Weitere Autorinnen und Autoren entwickelten verschiedene Instrumente zur Erhebung von Einstellungen angehender Lehrpersonen, die jedoch für unsere Zwecke nicht direkt genutzt werden können (z. B. [FK11; GCT19; Ka20]). Für den spezifischen Bereich des Physical Computings liegt noch kein Instrument vor.

3 Studie: Erhebung von Überzeugungen von Informatiklehrpersonen zu Physical Computing

Wie oben bereits erläutert, spielen Überzeugungen von Lehrpersonen eine wichtige Rolle bei der Umsetzung neu erworbenen Wissens im Unterricht. In der Ausbildung sollten daher mögliche Vorurteile abgebaut, positive Erwartungen verstärkt und negative Erwartungen widerlegt, oder zumindest Lösungen zum Umgang mit diesen aufgezeigt werden. Mit dem vorgestellten Erhebungsinstrument soll ein Beitrag geleistet werden, Überzeugungen von Lehrpersonen zu erfassen und darauf basierend Aus- und Weiterbildungen so zu optimieren, dass sie sich zutrauen, Physical Computing in ihrem Informatikunterricht einzusetzen.

3.1 Erhebungsinstrument

Das hier verwendete Erhebungsinstrument basiert in einer adaptierten und erweiterten Form auf dem Instrument von Bender et al. [BSS18], weil es sich hierbei um ein bereits evaluiertes, deutschsprachiges Messinstrument handelt. Dabei wurde der Fokus vom Informatikunterricht im Allgemeinen neu auf Physical Computing gesetzt. So wurde die ursprüngliche Formulierung „Ich begeistere mich sehr für die fachlichen Inhalte in Informatik.“ adaptiert zu „Ich begeistere mich sehr für die fachlichen Inhalte des Physical Computings.“. Das Item „Ich finde besonders die fachlichen Neuerungen in Informatik spannend und möchte meine Fähigkeiten unbedingt dahingehend erweitern.“ wurde in zwei voneinander unabhängige Items „Ich finde besonders die fachlichen Neuerungen im Physical Computing spannend.“ (Item 17) und „Ich möchte meine Fähigkeiten bezüglich der fachlichen Neuerungen im Physical Computing erweitern.“ (Item 18) aufgeteilt, da grundsätzlich die Möglichkeit besteht, dass eine Lehrperson die fachlichen Neuerungen nicht spannend findet, sich aber dennoch in diesem Bereich weiterbilden möchte. Bei der Auswertung der Daten wird entsprechend untersucht, inwieweit diese beiden aufgeteilten Items korrelieren und somit in einer überarbeiteten Form des Fragebogens wieder zusammengefasst werden könnten.

Zusätzlich wurde die Umfrage mit acht Items ergänzt, welche sich spezifisch auf Physical Computing beziehen. Dabei wurden Items erstellt, die Informatikunterricht mit Physical Computing gegenüber demjenigen ohne verglichen. Dabei wurden basierend auf Literatur und eigenen Erfahrungen aus der Aus- und Weiterbildung von Informatiklehrpersonen jeweils vier Items zu den Konstrukten „Konsequenzen für die Lehrperson“ und „Konsequenzen für Schülerinnen und Schüler“ entwickelt (vgl. z. B. [Se17], [Pr17]).

Bei den Konsequenzen für die Lehrperson wurden gängige Annahmen zum Physical Computing aufgegriffen, wie der Mehraufwand für die Vorbereitung, die Schwierigkeiten bei der Beurteilung und Bewertung, der fehlende Bezug zu den Informatikinhaltens sowie der fachliche Anspruch an die Lehrperson (vgl. [Pr17]). Bei diesen Items bedeutet ein hoher Score, dass es negative Konsequenzen für die Lehrpersonen gibt, welche also gegen Physical Computing sprechen. Da bei allen anderen Items ein hoher Score positiv für einen Unterricht mit Physical Computing interpretiert wird, wurden die vier Items in diesem Konstrukt für die Auswertung invertiert (siehe Tab. 1). Bei den Items zu den Konsequenzen für Schülerinnen

und Schüler wurden Aspekte wie Motivation, die Möglichkeit für einen höheren Grad an Differenzierung, der Alltagsbezug sowie die Zukunftsfähigkeit aufgegriffen (siehe Tab. 2). Um ein einheitliches Begriffsverständnis der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer zu Physical Computing sicherzustellen, wird dem Fragekatalog ein Einleitungstext vorangestellt.

Nr.	Item
i26	Die Vorbereitungszeit für einen Informatikunterricht mit Physical Computing ist grösser als für einen Informatikunterricht ohne Physical Computing.
i27	Die Schülerinnen- und Schülerleistung ist in einem Informatikunterricht mit Physical Computing schwieriger zu beurteilen und zu bewerten als in einem Informatikunterricht ohne Physical Computing.
i28	In einem Informatikunterricht mit Physical Computing geht viel Zeit verloren für Inhalte, welche nichts mit Informatik zu tun haben.
i29	Die Durchführung eines Informatikunterrichts mit Physical Computing ist anspruchsvoller als bei einem Informatikunterricht ohne Physical Computing.

Tab. 1: Items zu „Konsequenzen für Lehrpersonen“

Nr.	Item
i30	Ein Informatikunterricht mit Physical Computing ist für die Schülerinnen und Schüler motivierender als ein Informatikunterricht ohne Physical Computing.
i31	Ein Informatikunterricht mit Physical Computing ermöglicht eine höhere Differenzierung als ein Informatikunterricht ohne Physical Computing.
i32	Ein Informatikunterricht mit Physical Computing schafft für die Schülerinnen und Schüler einen höheren Alltagsbezug als ein Informatikunterricht ohne Physical Computing.
i33	Ein Informatikunterricht mit Physical Computing ist für die Schülerinnen und Schüler zukunftsfähiger als ein Informatikunterricht ohne Physical Computing.

Tab. 2: Items zu „Konsequenzen für Schülerinnen und Schüler“

3.2 Antwortformat und Stichprobe

Für die Beantwortung der Fragen wurden fünfstufige Ratingskalen (1 – „trifft überhaupt nicht zu“, 2 – „trifft eher nicht zu“, 3 – „trifft teilweise zu“, 4 – „trifft eher zu“, 5 – „trifft voll und ganz zu“) verwendet. Alle Fragen wurden als verpflichtend markiert, auf die Möglichkeit, bei einem Item keine Angaben zu machen, wurde verzichtet. Dadurch waren nur vollständige Datensätze vorhanden und es mussten keine fehlenden Daten imputiert werden. Die Erhebung fand online über die Plattform ILIAS statt. Datensätze von Personen, welche die Umfrage abgebrochen haben, wurden nicht in die Auswertung aufgenommen. Für die Erhebung wurden insgesamt 252 Studentinnen und Studenten der Pädagogischen Hochschule Zürich per E-Mail zur Teilnahme an der Umfrage angefragt. Die Studentinnen und Studenten stammen aus vier verschiedenen Kohorten: Eine Kohorte hat sich für das Wahlfach „Medien und Informatik“ angemeldet und wird in einem Jahr die Informatikausbildung beginnen (gemäß der Erfahrungen aus den beiden Vorjahren ist zu erwarten, dass die meisten Studentinnen und Studenten keine Programmiererfahrungen haben), eine zweite

hatte bereits ein Semester absolviert, eine dritte drei Semester und eine vierte hat vor einigen Semestern bereits die studienbegleitende Zusatzqualifikation für Informatiklehrpersonen abgeschlossen. Das fachdidaktische und fachliche Wissen zu Physical Computing und eigene Erfahrungen diesbezüglich sind somit unterschiedlich ausgeprägt.

4 Auswertung und Interpretation

An der Erhebung nahmen insgesamt 179 Studentinnen und Studenten teil. Davon haben 159 Personen die Umfrage vollständig bearbeitet, auf diese beziehen sich die nun folgenden Werte. Bei 252 Anfragen lag die Rücklaufquote vollständiger Umfragen somit bei sehr guten 63% (inkl. unvollständige: 71%). Von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern haben sich 34 (22%) für das Wahlfach „Medien und Informatik“ angemeldet und werden in einem Jahr die Informatikausbildung beginnen, 38 (24%) haben bereits ein und 27 (17%) drei Semester ihrer Informatikausbildung absolviert, 59 (37%) haben vor einigen Semestern bereits die studienbegleitete Zusatzqualifikation für Informatiklehrpersonen abgeschlossen. Es gab eine Person, die „Sonstiges“ ausgewählt hat. Die Umfrage wurde von 86 Teilnehmern (54%) und 71 Teilnehmerinnen ausgefüllt (45%), dreimal wurde keine Angabe zum Geschlecht gemacht. Insgesamt unterrichten bereits 28 Teilnehmerinnen oder Teilnehmer in der Sekundarstufe I Informatik, 82 gaben an, im nächsten oder übernächsten Jahr Informatik unterrichten zu wollen. Von den 28 unterrichtenden Lehrpersonen setzen 12 (43%) bereits Physical Computing ein. 19 Lehrpersonen unterrichten im Niveau A (höchste Anforderungen), 22 im Niveau B (mittlere Anforderungen) und 13 im Niveau C (tiefste Anforderungen), es waren Mehrfachnennungen möglich.

4.1 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Für die Auswertung wurden zunächst die leicht adaptierten Items zu den latenten Konstrukten „konstruktivistische lerntheoretische Überzeugungen“, „transmissive lerntheoretische Überzeugungen“ und „Überzeugungen zum Lernen im Kontext von informatischen Strategien und Prinzipien“ aus der Umfrage von Bender et al. [BSS18] mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse (CFA) in R durchgeführt. Anders als bei Bender et al. konnte mit den verwendeten Items keine zufriedenstellende Passung im Gesamtmodell erreicht werden, keiner der Kennwerte liegt im akzeptablen Bereich. In Klammern sind jeweils die guten und akzeptierbaren Richtwerte nach Hu und Bentler [HB99] angegeben. Der Comparative Fix Index (CFI) lag bei 0.745 (≥ 0.95 ; ≥ 0.9), der Tucker-Lewis Index (TLI) bei 0.718 (≥ 0.95) und das Standardized Mean Square Residual (SRMR) bei 0.104 (≤ 0.05 ; ≤ 0.08). Der Ausschluss der Items mit einer niedrigen Faktorenladung (≤ 0.5) führte zu keiner Verbesserung. Auch die Analyse der beiden Konstrukte zu den lerntheoretischen Überzeugungen führten zu keinen akzeptablen Werten (in Klammern die Werte nach Ausschluss von Items mit niedriger Faktorenladung): CFI = 0.756 (0.851), TLI = 0.713 (0.809) und SRMR = 0.100 (0.089). Es können daher keine Aussagen über das Gesamtmodell mit den

drei latenten Konstrukten gemacht werden. Daher wurde die Analyse erweitert und die sieben ursprünglichen Subkonstrukte [BSS18] analysiert. Dabei ergaben sich die folgenden akzeptablen Werte: CFI = 0.924, TLI = 0.910 und SRMR = 0.063. Bei der fachbezogenen motivationalen Orientierung zeigt sich eine sehr gute Modellpassung (CFI = 0.957, TLI = 0.942, SRMR = 0.044) mit hohen Faktorladungen (ein Item 0.528, alle anderen zwischen 0.749 und 0.890).

Für die Analyse der neu aufgenommenen Items zum Vergleich eines Informatikunterrichts mit und ohne Physical Computing sind die Items zu den Konsequenzen für die Lehrperson gegenüber den anderen Items invertiert und wurden für die Auswertung daher re-invertiert. Die Werte mit den ursprünglichen Items waren nicht akzeptabel (CFI = 0.850, TLI = 0.779 und SRMR = 0.083), es konnte jedoch durch Ausschluss eines Items mit niedriger Faktorenladung (0.444) eine gute Passung erreicht werden (CFI = 0.946, TLI = 0.912, SRMR = 0.055). Die vorhandenen Faktorenladungen erlauben es zudem, Aussagen über die einzelnen Faktoren zu treffen.

4.2 Analyse der einzelnen Konstrukte

Da sich über das Gesamtmodell keine Aussagen treffen lassen, wurden die einzelnen Konstrukte analysiert. In Tab. 3 sind die entsprechenden deskriptiven Werte angegeben. Für Cronbachs α gelten Werte ≥ 0.7 als akzeptabel. Die beiden Konstrukte zu den Konsequenzen für die Lehrperson (0.63) sowie für die Schülerinnen und Schüler (0.69) können aufgrund der Werte der CFA dennoch als akzeptabel eingestuft und somit interpretiert werden.

Konstrukt	Mittelw.	St.dev.	Alpha
Konstruktivistische lerntheoretische Überzeugungen	3.8	0.47	0.74
Transmissive lerntheoretische Überzeugungen	3.0	0.55	0.73
Professionelle Überzeugungen u. motivationale Orientierungen	3.6	0.72	0.91
Konsequenzen für die Lehrpersonen (invertiert)	2.7	0.73	0.63
Konsequenzen für die Schülerinnen und Schüler	3.8	0.64	0.69

Tab. 3: Mittelwerte, Standardabweichung und Cronbachs α zu den einzelnen Konstrukten

Des Weiteren wurden die neu aufgenommenen Items einzeln analysiert. Dabei wurden die Mittelwerte zu den Items für die Gesamtheit des Datensatzes, aufgeteilt nach „unterrichtet Informatik“ und „unterrichtet nicht Informatik“, und den im Abschnitt 3.2 angegebenen Kohorten einzeln berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 aufgelistet. Zu beachten ist wiederum, dass die Werte für die Items 26 bis 29 invertiert sind.

Bei den Items zu den Konsequenzen für die Lehrperson wurden zur Überprüfung eines bestehenden Zusammenhangs zwischen den einzelnen Items und der Tatsache, ob eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer bereits Informatik unterrichtet, die Korrelationen mit Kendalls τ berechnet. Bei den Items 26 (0.204) und 29 (0.269) liegt ein moderater Zusammenhang vor. Aufgrund der Fragenformulierung bedeuten diese Korrelationen, dass Lehrpersonen, welche bereits Informatik unterrichten, gegenüber denjenigen, die nicht unterrichten, den Unterricht mit Einsatz von Physical Computing als zeitaufwändiger in

der Vorbereitung und anspruchsvoller in der Durchführung gegenüber dem Unterricht ohne Physical Computing empfinden. Für die Items 27 (0.07) und 28 (-0.121) liegen keine oder nur schwache Korrelationen vor.

Die beiden in der Beschreibung des Erhebungsinstruments neu aufgeteilten Items 17 „Ich finde besonders die fachlichen Neuerungen im Physical Computing spannend.“ und 18 „Ich möchte meine Fähigkeiten bezüglich der fachlichen Neuerungen im Physical Computing erweitern.“ korrelieren mit $\tau = 0.396$ und $p < 0.001$, was einer moderaten Korrelation entspricht. Es war somit richtig, das ursprüngliche Item aufzuteilen. Weitere moderate Korrelationen zeigten sich unter anderem zwischen dem eben erwähnten Item 17 und den Items 26 (0.203), 30 (0.244) und 32 (0.204).

Ausbildung	Anzahl	i26	i27	i28	i29	i30	i31	i32	i33
Total	159	2.42	3.18	3.87	2.62	4.06	3.74	3.70	3.78
unterrichtet	28	2.04	3.00	4.11	2.07	4.00	3.71	3.71	3.71
unterrichtet nicht	131	2.50	3.22	3.82	2.74	4.08	3.75	3.70	3.79
noch nicht begonnen	34	2.50	3.09	3.50	2.68	3.85	3.53	3.62	3.74
ein Semester	38	2.79	3.50	3.92	3.00	4.00	3.84	3.74	3.55
drei Semester	27	2.19	2.96	3.85	2.41	4.19	3.78	3.81	4.11
bereits abgeschlossen	59	2.27	3.14	4.03	2.44	4.17	3.78	3.69	3.80

Tab. 4: Mittelwerte der Items i26 bis i33 aufgeschlüsselt nach Ausbildungsart

4.3 Interpretation

Aufgrund der konfirmatorischen Faktorenanalyse lassen sich zwar keine Zusammenhänge zwischen den konstruktivistischen und transmissiven lerntheoretischen Überzeugungen diskutieren, eine Interpretation der einzelnen Kategorien und Items ist aufgrund der akzeptablen Cronbachs α dennoch möglich. Die positive Haltung zu den konstruktivistischen Lerntheorien ist bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ausgeprägter als zu den transmissiven Theorien, die Mittelwerte unterscheiden sich immerhin um 0.8. Gegenüber dem Mittelwert 3.8 beim Konstrukt „Konsequenzen für die Schülerinnen und Schüler“ deutet der Mittelwert von 2.7 beim Konstrukt „Konsequenzen für die Lehrperson“ an, dass der Informatikunterricht mit Physical Computing von den Lehrpersonen mit mehr Aufwand verbunden wird als der Unterricht ohne, die Lehrpersonen aber auch der Meinung sind, dass die Schülerinnen und Schüler von so einem Informatikunterricht mehr profitieren. Dieser Eindruck scheint sich zu verstärken, wenn die Lehrpersonen bereits Informatik unterrichten. Eine mögliche Interpretation diesbezüglich ist darin zu finden, dass die bereits unterrichtenden Lehrpersonen erst vor kurzem ihr Studium abgeschlossen haben oder parallel zum Studium bereits unterrichten, vermutlich allgemein einer hohen Arbeitsbelastung ausgesetzt und so sensibilisiert für dieses Thema sind. Je größer die Begeisterung einer Lehrperson für fachlichen Neuerungen im Physical Computing ist, desto weniger wird der Mehraufwand in der Vorbereitung als negativer Aspekt angesehen. Ebenso empfinden Lehrpersonen mit

Interesse an Neuerungen den Informatikunterricht mit Physical Computing für die Schülerinnen und Schüler als motivierender und sehen darin auch einen höheren Alltagsbezug, als diejenigen Lehrpersonen, welche die fachlichen Neuerungen im Physical Computing weniger spannend finden. Dies lässt sich mit den individuellen Überzeugungen erklären, durch welche die eigene positive Wahrnehmung einer bestimmten Art des Unterrichts auf die Schülerinnen und Schüler übertragen wird. Auffallend ist die einzige moderate, negative Korrelation zwischen den Items aus verschiedenen Konstrukten: Lehrpersonen, welche die Meinung vertreten, dass Schülerinnen und Schüler dann gut im Problemlösen werden, wenn sie den Vorgaben der Lehrpersonen folgen, sehen in Physical Computing weniger die Möglichkeit, damit einen zukunftsfähigen Unterricht zu gestalten.

Das Item 28 „In einem Informatikunterricht mit Physical Computing geht viel Zeit verloren für Inhalte, welche nicht mit Informatik zu tun haben.“ wurde für die Auswertung invertiert. In der ursprünglichen Kodierung lag der Mittelwert bei 2.13, bei Lehrpersonen, die bereits Informatik unterrichten, sogar nur bei 1.89. Dies bedeutet, dass Inhalte, die im Physical Computing thematisiert werden, aus Sicht der Lehrpersonen durchaus informatischen Gehalt haben. Im Lehrplan 21 gehen die Kompetenzen im Bereich der Informatik über das reine Programmieren hinaus. Dass der Wert bei bereits unterrichtenden Lehrpersonen tiefer liegt, mag auch daran liegen, dass sie sich im Schulfeld der Themenbreite der Informatik bewusster sind als während des Studiums. Beim Konstrukt „Konsequenzen für die Schülerinnen und Schüler“ haben alle Items einen Mittelwert größer oder gleich 3.704; es gibt also eine breite Zustimmung, dass Physical Computing einen positiven Einfluss auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler hat und ebenfalls geeignet ist, um einen differenzierenden Unterricht durchzuführen. Die Lehrpersonen sind sich somit der fachlichen wie auch der motivationalen Chancen des Physical Computings bewusst.

Es konnten keine klaren Entwicklungen in den Überzeugungen der angehenden Lehrpersonen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihrer Ausbildung festgestellt werden. Es lassen sich Sprünge bei den entsprechenden Werten zwischen den verschiedenen Kohorten beobachten, was auf zeitlich schwankende Ausprägungen der verschiedenen Überzeugungen hindeutet.

4.4 Limitationen

Ein Grund, dass es zu keiner zufriedenstellenden Passung im Gesamtmodell gekommen ist, könnte die kleine Stichprobe bereits bei der ursprünglichen Skala sein. Ähnlich wie bei unserer Umfrage haben nur 155 Probandinnen und Probanden an der Studie von Bender et al. [BSS18] teilgenommen, was für eine konfirmatorische Faktorenanalyse ein tiefer Wert ist. Ein anderer Grund könnte bei der Umformulierung der einzelnen Items liegen, auch wenn die Anpassungen nur subtil waren. Bei der Umfrage mussten alle Items zwingend beantwortet werden, was möglicherweise zu einer sozialen Erwünschtheit, Tendenz zur Mitte, Akquieszenz [MK12] oder zur Produktion von anderen Artefakten geführt hat. Die Transformation der ursprünglichen Subkonstrukte zu neuen Konstrukten führte dazu, dass es bei fünf Konstrukten mindestens vier Items gibt. Dabei bestand ein Konstrukt jedoch aus

nur zwei Items und drei Konstrukte bestanden aus drei Items, was für die konfirmatorische Faktorenanalyse nicht ideal ist. Dennoch wurde hier jeweils die angestrebte Passung belegt.

5 Konklusion und Ausblick

Die in dieser Umfrage verwendeten Items haben bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse nicht die erhofften Resultate erzielt. Obwohl bereits auf Itemebene gewisse Analysen durchgeführt und Aussagen getroffen werden konnten, wird das Ziel eines aussagekräftigen Evaluationsinstruments zur Erfassung von Überzeugungen von Lehrpersonen gegenüber Physical Computing weiterverfolgt. Dazu wird in der Schweiz eine größer angelegte Studie durchgeführt, in welcher eine ausreichende Anzahl von Lehrpersonen befragt werden (angestrebt werden mindestens 1500 Rücksendungen), so dass diese in zwei randomisierte Teilgruppen aufgeteilt werden können. Dazu wird zunächst ein erweiterter Itempool aufgebaut, welcher in der ersten Gruppe mittels explorativer Faktorenanalyse untersucht wird, um Zusammenhänge zu erkennen. Dabei wird auch die Option zur bewussten Nichtbeantwortung einer Frage hinzugefügt und auf neutrale sowie leicht verständliche Itemformulierungen geachtet. Mit den Werten der zweiten Gruppe wird das so entstandene Modell mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse überprüft.

Literatur

- [Ba77] Bandura, A.: Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review* 84/2, S. 191–215, 1977.
- [BK11] Baumert, J.; Kunter, M.: Das Kompetenzmodell von COACTIV. In (Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S.; Neubrand, M., Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften*. Waxmann, Münster, S. 29–53, 2011.
- [BSS18] Bender, E.; Schaper, N.; Seifert, A.: Professionelle Überzeugungen und motivationale Orientierungen von Informatiklehrkräften: Computer science teachers' professional beliefs and motivational orientations. Waxmann, Münster, 2018.
- [De15] Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK): *Lehrplan 21 Medien und Informatik - Kompetenzaufbau 1. - 3. Zyklus*, 2015.
- [Fe94] Fenstermacher, G.: Chapter 1: The Knower and the Known: The Nature of Knowledge in Research on Teaching. *Review of Research in Education* 20/1, S. 3–56, 1994.
- [FK11] Fessakis, G.; Karakiza, T.: Pedagogical beliefs and attitudes of computer science teachers in greece. *Themes in Science and Technology Education* 4/2, S. 75–88, 2011.

- [GCT19] Gurer, M. D.; Cetin, I.; Top, E.: Factors affecting students' attitudes toward computer programming. *Informatics in Education* 18/2, S. 281–296, 2019.
- [GI16] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II, Erarbeitet vom Arbeitskreis „Bildungsstandards SII“ – veröffentlicht als Beilage zur LOG IN 36 (2016) Heft 183/184, 2016.
- [HB99] Hu, L.-t.; Bentler, P. M.: Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal* 6/1, S. 1–55, 1999.
- [Ka20] Kaya, E.; Newley, A.; Yesilyurt, E.; Deniz, H.: Measuring computational thinking teaching efficacy beliefs of preservice elementary teachers. *Journal of College Science Teaching* 49/6, S. 55–64, 2020.
- [MK12] Moosbrugger, H.; Kelava, A.: Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [NSF99] Niederhauser, D. S.; Salem, D. J.; Fields, M.: Exploring teaching, learning, and instructional reform in an introductory technology course. *Journal of Technology and Teacher Education* 7/2, S. 153–172, 1999.
- [Pr17] Przybylla, M.; Henning, F.; Schreiber, C.; Romeike, R.: Teachers' Expectations and Experience in Physical Computing. In (Dagienė, V.; Hellas, A., Hrsg.): *International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives*. Bd. 10696. LNCS, Springer, Cham, S. 49–61, 2017.
- [Pr18] Przybylla, M.: *From Embedded Systems to Physical Computing: Challenges of the “Digital World” in Secondary Computer Science Education*, Doctoral Thesis, Universität Potsdam, 2018.
- [RP14] Reusser, K.; Pauli, C.: Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In (Terhart, E.; Bennewitz, H.; Rothland, M., Hrsg.): *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*. Waxmann, Münster und New York, S. 642–661, 2014.
- [Se17] Sentance, S.; Waite, J.; Yeomans, L.; MacLeod, E.: Teaching with Physical Computing Devices: The BBC Micro:Bit Initiative. In (Barendsen, E.; Hubwieser, P., Hrsg.): *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE '17*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, S. 87–96, 2017.
- [SS02] Staub, F. C.; Stern, E.: The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *J. Educ. Psychol.* 94/2, S. 344–355, 2002.
- [THH98] Tschannen-Moran, M.; Hoy, A. W.; Hoy, W. K.: Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research* 68/2, S. 202–248, 1998.
- [Vo11] Voss, T.; Kleickmann, T.; Kunter, M.; Hachfeld, A.: Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In (Kunter, M. e. a., Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften*. Waxmann, Münster, S. 235–257, 2011.

Digitaler Kindergarten - Informatik und digitale Kompetenz in der Frühförderung

Stefan Pasterk¹, Andreas Bollin¹

Abstract: Digitale Technologien und auch die Informatik sind mittlerweile Bestandteil von Schule und Unterricht sowie dem Alltag der Kinder. In immer früheren Stadien der Bildung finden digitale Werkzeuge Anwendung oder sind selbst Thema des Unterrichts. Dies wird sowohl aus Studien als auch in Lehrplänen verschiedener Länder ersichtlich. Damit ergeben sich aber auch Herausforderungen und Fragen für Erzieher*innen und Lehrer*innen wie z. B. „Welche Themen können schon sehr früh unterrichtet werden?“. In einem Kooperationsprojekt mit Elementarpädagoginnen wurde auf diese Frage Bezug genommen. Basierend auf internationalen Curricula und Kompetenzmodellen im Bereich Informatik und digitaler Bildung konnten Lernziele identifiziert werden, die durch keine oder geringe notwendige Vorkenntnisse in bereits frühen Bildungsstufen erreichbar erscheinen. Diese bildeten die Grundlage für die Entwicklung von Workshop-Einheiten und Materialien zur Frühförderung in diesem Bereich, um die erwähnten Lernziele in angepasster Form zu erreichen. Während eines Pilotprojekts in einem ansässigen Kindergarten wurden diese Einheiten durchgeführt und begleitet. Im Zuge dessen wurden Erzieherinnen verschiedener Kindergärten über deren Meinung zu den gesammelten Lernzielen befragt. Diesen Meinungen folgend sind die Lernziele durchaus für die gegebene Altersgruppe angemessen und, in entsprechender Form, erreichbar. In diesem Artikel wird das Projekt im Detail beschrieben und die identifizierten Lernziele diskutiert. Die entwickelten Workshop-Einheiten werden zusammengefasst und Materialien sowie Aktivitäten werden beispielhaft erläutert. Zusätzlich werden Ergebnisse aus den Befragungen der Erzieherinnen präsentiert.

Keywords: Informatik; Kindergarten; Digitale Bildung

1 Einleitung

Digitale Technologie hat einen großen Einfluss auf unsere Gesellschaft und das tägliche Leben. Auch im Bildungsbereich hat sie sich etabliert und wird in vielen Situationen eingesetzt. Immer öfter werden in Lehrplänen Schulfächer zu Themen wie *Informatik* oder *digitale Bildung* integriert. Dies betrifft nicht nur die Sekundarstufen, sondern auch die Primarstufe und mittlerweile auch immer häufiger den Elementarbereich bzw. die Kindergärten. Der Trend zu einem frühen Einstieg in diese Materie ist auch in der Forschungslandschaft bemerkbar. Dabei werden hauptsächlich digitale Medien im Elementarbereich eingesetzt, um unterschiedliche Ziele zu erreichen. Themen der Informatik werden von Pädagog*innen nur in seltenen Fällen mit dieser Altersgruppe aufgegriffen.

Der Einsatz von digitalen Medien im Kindergarten ist ein intensiv diskutiertes Thema, bei welchem die Meinungen – auch von Expert*innen – teilweise sehr stark voneinander

¹ Universität Klagenfurt, Institut für Informatikdidaktik, Universitätsstraße 65-67, 9020 Klagenfurt, Österreich
{stefan.pasterk, andreas.bollin}@aau.at

abweichen [FF17]. Dabei wird hauptsächlich kritisiert, dass durch die Euphorie, Kindern recht früh einen geleiteten Zugang zu digitalen Geräten zu ermöglichen, Risiken übergangen werden. Bisher fehlt es an Langzeitstudien, die positive oder gegebenenfalls auch negative Auswirkungen nachweisen könnten [FF17]. In der vorliegenden Arbeit wird kein Beitrag zu dieser Diskussion geliefert. Stattdessen wird ein strukturierter Weg aufgezeigt, um Informatik und digitale Medien in die Frühförderung von Kindern zu integrieren, und dies mit elementarpädagogischer Unterstützung. Ein Artikel von Nancy Yost aus dem Jahr 2003 zeigt, dass die Idee, Technologie als Unterstützung im Kindergarten zu nutzen, nicht neu ist und durchaus neue Perspektiven eröffnet [Yo03]. Zu einem vergleichbaren Ergebnis kommen Pugh et al. auch 16 Jahre später im Verlauf eines Projekts in dänischen Kindergärten [PFS19]. Dabei werden Tabletcomputer (in Form von iPads) wie jedes andere Werkzeug behandelt und in den Kindergartenalltag aufgenommen. Die Technologie wird dabei als natürlicher und unterstützender Bestandteil gesehen, der verschiedene positive Effekte – auch für den sozialen Bereich – mit sich bringt. Es wird aber darauf hingewiesen, dass eine solche Integration eine große Herausforderung für Pädagog*innen bedeute [PFS19]. Von anderen Stellen wird daher eine stärkere Verankerung von digitalen Medien in der Ausbildung für Pädagog*innen im Elementarbereich gefordert bzw. teilweise bereits realisiert [Hi19].

Diskussionen, wie sie allgemein über den Einsatz digitaler Medien im Kindergarten geführt werden, betreffen die Thematisierung von Bereichen der Informatik bisher nur zum Teil, da die Anzahl der Projekte mit wirklichem Fokus auf Konzepten der Informatik zur Zeit noch gering ist. Einige Arbeiten beschäftigen sich mit dem Erlernen von Elementen des Programmierens, wie beispielsweise Jin et al. [JHK16], die ihren Schwerpunkt auf Wiederholungen, Bedingungen und Farbsensoren legen. Martinez et al. fanden heraus, dass auch Kinder im frühen Alter Konzepte wie Sequenzen, Wiederholungen oder Bedingungen erlernen können, allerdings oft Probleme mit der Kombination der Konzepte zu einem Programm haben [MGB15]. Zusätzlich wird erwähnt, dass auch die Fähigkeit, den Programmcode zu verstehen, bei jüngeren Kindern noch nicht gegeben ist, dass Kinder jedoch eine starke Motivation für die Arbeit mit Werkzeugen, wie in diesem Fall Robotern, zeigen [MGB15]. Das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Projekt stützt sich auf die vorangehenden Projekte im schulischen Bereich *Informatik erLeben* [MBH10] und *Informatik - Ein Kinderspiel?!* [SPR14].

Das Projekt *Digitaler Kindergarten* kann als erste Phase des umfassenderen Projekts *Lakeside IT-Curriculum* verstanden werden, dessen Ziel ein durchgängiges Curriculum, vom Kindergarten bis zum Schulabschluss, für Workshop-Module im Bereich Informatik und digitale Bildung ist. Als mitwirkende Partner in dieser ersten Phase waren die *Universität Klagenfurt*², der *Lakeside Science und Technology Park*³ sowie der Montessorikindergarten *Bunte Knöpfe* der Stadt Klagenfurt tätig. Mit dem *Educational Lab*⁴ ist der *Lakeside Science und Technology Park* als Mittler zwischen Forschung, Wirtschaft und Bildung

² <https://www.aau.at/>

³ <https://www.lakeside-scitec.com/>

⁴ <https://www.lakeside-scitec.com/en/educational-lab/educational-lab/>

aktiv. Das Projekt und damit der vorliegende Artikel grenzt sich durch eine vorangehende Analyse von internationalen und nationalen Lehrplänen, Standards und Kompetenzmodellen, eine innovative Darstellungsform gegebener Kompetenzen und deren Abhängigkeiten sowie eine Anpassung der Materialien auf die jeweiligen Kompetenzen von vorhandenen Forschungsprojekten ab. Einige der in diesem Artikel beschriebenen Ergebnisse wurden bereits in der Dissertation von Stefan Pasterk mit dem Titel *Competency-Based Informatics Education in Primary and Lower Secondary Schools* [Pa20] vorgestellt. Dies betrifft die Analyse und den Vergleich der Lehrpläne, Standards und Kompetenzmodelle, die Entwicklung eines Ablaufplans für das Kindergarten-Projekt sowie die Befragung der Erzieherinnen. Die Inhalte der Workshop-Einheiten und die eingesetzten Materialien sind bisher unveröffentlicht, weshalb in diesem Artikel (erstmalig) detaillierter darauf eingegangen wird.

2 Vergleich der Lehrpläne

Als Vorarbeit für das Kindergarten-Projekt wurden sieben unterschiedliche Lehrpläne, Standards und Kompetenzmodelle analysiert und verglichen [PB17]. Die Auswahl wurde aufgrund von mehreren Aspekten getroffen. So waren unter anderem die Relevanz in Literatur, für die Forschung und den Standort sowie die sprachlichen Barrieren ausschlaggebend. Es wurden demnach folgende Lehrpläne, Standards und Kompetenzmodelle herangezogen:

- DigiKomp (DK) [Di13]: Kompetenzmodell für digitale Kompetenz und informatische Bildung, Österreich
- Australian Curriculum für Digital Technologies (AC) [AC13]: Nationaler Lehrplan von Australien
- Lehrplan 21 für Medien und Informatik (21) [D-14]: Lehrplan in der deutschsprachigen Schweiz
- Gesellschaft der Informatik Bildungsstandards Informatik (GI) [Be19]: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich
- English Curriculum für Computing (EC) [UK14]: Nationaler Lehrplan in England
- Computer Science Teachers Association K-12 Computer Science Standards von 2011 (CSTA11) [Se11]: Vorschläge für Informatik Standards aus den USA in der Version von 2011
- Computer Science Teachers Association K-12 Computer Science Standards von 2017 (CSTA17) [CS17]: Vorschläge für Informatik Standards aus den USA in der Version von 2017

Dabei wurde zuerst grundsätzlich auf die Abschnitte und die damit verbundenen Altersstufen der Schüler*innen in den jeweiligen Modellen geachtet. Dabei wurde ersichtlich, dass vier der gewählten Modelle (AC, EC, CSTA11, CSTA17) bereits ab dem Alter von fünf Jahren mit Themen der Informatik und digitalen Bildung beginnen. Der Lehrplan 21 in der Schweiz beginnt, abhängig von dem jeweiligen Kanton, zum Teil bereits mit vier Jahren. In Österreich

starten die meisten Kinder im Alter von vier Jahren mit dem Kindergarten, wobei mit fünf Jahren ein Jahr als verpflichtendes Kindergartenjahr gilt. Damit wäre diese Altersgruppe durch Inhalte der fünf Modelle abgedeckt.

Nach der ersten Analyse wurde der Fokus auf die ersten Abschnitte der jeweiligen Modelle gelegt. Die Lernziele bzw. Kompetenzen wurden, wie von Pasterk und Bollin erstmals 2017 beschrieben [PB17] und von Pasterk weiter ausgeführt [Pa20], in eine graphbasierte Darstellungsform überführt. Dazu wurden die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kompetenzen bestimmt, abgebildet und von Expert*innen evaluiert. Mit dieser Methode konnten Kompetenzen identifiziert werden, die innerhalb der Modelle keine Abhängigkeiten aufweisen, also kein Vorwissen zu diesem Thema verlangen. Diese bilden gute Einstiegspunkte in ein Thema und eignen sich für die ersten Schritte im Bereich Informatik und digitale Bildung [Pa20]. Mit dieser Sammlung an ersten Kompetenzen war eine Grundlage für das Projekt gelegt.

3 Projekt und Ergebnisse

3.1 Hintergrund und Ziele

Nach einer Einführung in die Themen der Informatik für eingebundene Pädagoginnen wurden in mehreren Diskussionsrunden und Arbeitskreisen mit allen Partnern vier Bereiche definiert, die am Standort vertieft werden sollten: *Informatisches Denken (ID)*, *Softwareentwicklung (SE)*, *Technische Fähigkeiten (TF)* sowie *Werkzeugkompetenz (WK)*. Aus der Sammlung an Kompetenzen, die durch die Analyse der Lehrpläne, Standards und Kompetenzmodelle entstand, wurden neun **Zielkompetenzen** ausgewählt und den vier Bereichen zugeordnet (unter Angabe der Quellen). Das Ergebnis ist in Tab. 1 zu sehen. An dieser Liste von Zielkompetenzen sind einige Punkte bemerkenswert. Zum einen sind einige Kompetenzen enthalten, die abhängig von anderen Kompetenzen sind. Da davon ausgegangen wurde, dass bei den Kindern keinerlei Vorwissen bestand, mussten somit die Lernpfade bestimmt werden, um notwendige Kompetenzen abzudecken. Zum anderen wurden Zielkompetenzen aufgrund ihrer Wichtigkeit ausgewählt, die aus Modellen stammen, die erst ab der Primarstufe angedacht sind, wie z. B. das *DigiKomp4* Modell. Zusätzlich zu den Zielkompetenzen wurden noch fünf **Hilfskompetenzen (HK)** (siehe Tab. 1) definiert, die sich auf die Nutzung von digitalen Medien fokussieren [Pa20]. Diese *Hilfskompetenzen* waren notwendig, um verschiedene Gestaltungsformen der Materialien zu ermöglichen und die Durchführung der Workshop-Einheiten zu unterstützen. Bei den angegebenen Kompetenzen handelt es sich nicht um solche, auf die gezielt hingearbeitet wurde, sondern um Kompetenzen, die auf dem Weg zu den Zielkompetenzen erarbeitet wurden.

Bereich	ID	Kompetenz	Quelle
Informatisches Denken	ID 1	Die Kinder können Informationstechnologie nutzen, um Ideen und Geschichten Schritt für Schritt zu erfassen.	AC, CSTA11
	ID 2	Die Kinder können Muster in Daten erkennen.	AC, 21
	ID 3	Die Kinder können eine Reihe von Befehlen zusammenstellen, die ausgeführt werden sollen, um eine einfache Aufgabe zu erfüllen.	CSTA11
Software-entwicklung	SE 1	Die Kinder können erkennen, dass Software zur Steuerung von Computeroperationen erstellt wird.	CSTA11
	SE 2	Die Kinder können einfache Programme debuggen.	EC
Technische Fähigkeiten	TF 1	Die Kinder können einfache Anleitungen erstellen.	DK
	TF 2	Die Kinder können durch Probieren Lösungswege für einfache Problemstellungen auf Korrektheit prüfen.	21
Werkzeugkompetenz	WK 1	Die Kinder können kreativ mit Medien experimentieren.	21
	WK 2	Die Kinder können über ihren eigenen Umgang mit der Informationstechnologie sprechen.	21, DK
Hilfskompetenzen	HK 1	Die Kinder können über einfache Beiträge in verschiedenen Mediensprachen sprechen.	21
	HK 2	Die Kinder können digitale Videodateien nutzen.	DK
	HK 3	Die Kinder können mit Hilfe digitale Produkte erstellen.	AC, CSTA11
	HK 4	Die Kinder können Anwendungsgebiete der Informationstechnologie in ihrem täglichen Umfeld benennen.	AC, DK, EC, GI
	HK 5	Die Kinder beschreiben, wie bekannte Produkte, Dienstleistungen und Umgebungen eine Reihe von aktuellen Bedürfnissen erfüllen.	AC

Tab. 1: Ausgewählte Ziel- und Hilfskompetenzen [Pa20].

3.2 Workshop-Einheiten und Materialien

Im Anschluss an die Kompetenzselektion wurden Module für Workshop-Einheiten definiert. Hier wurden Kompetenzen zusammengefasst und eine Reihenfolge, gegeben durch Abhängigkeiten, festgelegt.

0. **Technologie einsetzen:** Dieses Modul ist ein Sonderfall und wird nicht in Form von eigenen Workshop-Einheiten abgedeckt. Stattdessen lernen die Kinder den Umgang mit den digitalen Geräten dann, wenn sie in den übrigen Modulen wirklich zum Einsatz kommen. Das geschieht in den Modulen 1, 2 und 3.

1. **Technologie im Alltag (beinhaltet Teile von Modul 0):** Wo verstecken sich im Alltag technologische Geräte? Diesen und ähnlichen Fragen geht dieses Modul auf spielerische Weise nach. Dabei gehen die Kinder selbst, ausgerüstet mit einer Digitalkamera, auf die Suche nach Technologie und dokumentieren ihre Funde. Diese werden dann allen anderen Kindern gezeigt und erklärt. Fotos vom Betreuer*innenteam wurde zusätzlich vorgeführt, um unentdeckte Geräte zu besprechen. Für besonders Interessierte gibt es die Möglichkeit, ausgesuchte Geräte (z. B. Computer, Notebooks, etc.) auseinander zu nehmen und einen Blick auf deren Bestandteile zu werfen.
2. **Digitale Medien verstehen (beinhaltet Teile von Modul 0):** Die Kinder bauen ein Verständnis für unterschiedliche Formate (z. B. Audio, Bilder, Video) auf, indem sie diese selbst erforschen. Die Ergebnisse werden anschließend mit den Kindern besprochen und diskutiert. In diesem Modul spielt auch die eigene Nutzung von digitalen Medien eine wichtige Rolle. Hier bekommen die Kinder die Aufgabe – wiederum ausgerüstet mit einer Digitalkamera – ihre tägliche Nutzung von Geräten zu dokumentieren.
3. **Schritt-für-Schritt Befehle (beinhaltet Teile von Modul 0):** Dieses Modul wird das Bearbeiten einer Aufgabe in kleinen Schritten geübt und gefördert. Dabei wird als erster Schritt gemeinsam ein Roboterhelm aus Karton nach einer gegebenen Anleitung gebastelt. Die Anleitung ist in einfach verständlichen Schritten aufgebaut und kann digital oder auf Papier vorliegen. Nächste Schritte fokussieren sich dann auf Baukastensysteme (in unserem Fall Lego Duplo). Zuerst werden wiederum Bauwerke nach vorhandenen Anleitungen erstellt. Dazu dienen nicht die originalen Pläne, sondern eigens angefertigte Schritt-für-Schritt Fotos. Diese sollen als Vorlage dienen, um im weiteren Verlauf eigenständig Anleitungen zu erstellen.
4. **Problemlösen:** Dieses Modul beinhaltet einige Kompetenzen, die im Allgemeinen im Kindergarten bereits gefördert werden. Hier werden verschiedene Probleme präsentiert (z. B. ein Puzzle, eine Kugelbahn) und die Kinder bekommen die Möglichkeit, diese zu lösen. Angewandte Methoden werden in Verbindung mit Ansätzen der Informatik (z. B. Divide and Conquer) gebracht und besprochen. Sollte dies mit keinem Lösungsvorschlag möglich sein, wird ein vorbereiteter Ansatz präsentiert.
5. **Algorithmen im täglichen Leben (benötigt Modul 3):** In diesem Modul spielt neben den Algorithmen das Modellieren eine zentrale Rolle. Als gute Darstellungsmöglichkeit von Abläufen werden hier Aktivitätsdiagramme vorgezeigt, die tägliche Aktivitäten der Kinder modellieren. Um es anschaulich zu halten, werden die Aktivitäten wiederum durch Fotos oder Zeichnungen repräsentiert. Ein Beispiel dazu zeigt Abb. 1. Die Diagramme werden erst erklärt und danach können die Kinder, ähnlich einem Puzzle, eigene Abläufe mittels Fotos und Pfeilen nachlegen.
6. **Merkmale und Muster (benötigt Modul 1):** Auch in diesem Modul kommen Aktivitäten vor, die in vielen Kindergärten bereits behandelt werden. Dazu zählen vor allem Spiele zur Erkennung von Mustern, wie sie in typischen Logik-Rätseln auftauchen. Hierfür können z. B. Kugelhänder herangezogen werden und die Aufgabe besteht darin, Muster weiterzuführen.

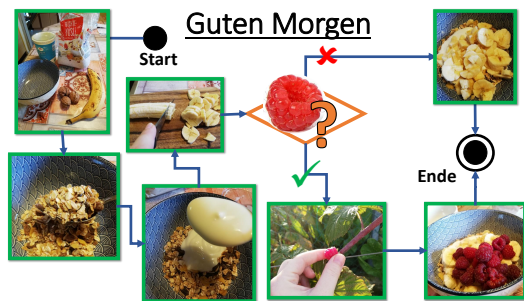


Abb. 1: Aktivitätsdiagramm zur Vorbereitung eines Müslis für das Modul *Algorithmen im täglichen Leben*, angelehnt an UML, jedoch an das Alter angepasst.

7. **Programmieren 1, 2, 3:** Um Programmierkonzepte durchzunehmen, sollte erst ein Verständnis dafür aufgebaut werden, dass Maschinen sehr genaue Befehle benötigen, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Dies kann durch Werkzeuge in Form von einfachen Robotern wie dem bekannten Beebot oder auch dem Cubetto geschehen. Damit ist ein Einstieg in diese Thematik stark vereinfacht. Weitere Konzepte werden über die gegenseitige Steuerung der Kinder thematisiert. Dazu gibt es ein Kind, das einen Roboter spielt, und ein anderes Kind oder eine Gruppe, die dem Roboter sein Programm vorlegen. In diesem Setting gilt es, konkrete Aufgaben zu lösen. Ein Vorteil an diesem Vorgehen besteht auch in der Erweiterbarkeit, da zusätzliche Konzepte sehr leicht eingebracht werden können.

Diese Module und die damit entwickelten Materialien wurden gemeinsam mit den Pädagoginnen des Kindergartens erarbeitet, getestet und vor der Dokumentation nochmals überarbeitet. Da der Ablauf in dem kooperierenden Kindergarten nicht, wie in Schulen üblich, vorgegeben wurde, konnten die Kinder sich aussuchen, ob sie sich an den Einheiten beteiligten oder nicht. Dadurch war immer eine starke Motivation bei den Kindern zu erkennen, jedoch variierte die Anzahl der teilnehmenden Kinder deutlich. So wurden einige Einheiten mit zwei, andere mit 20 Kindern durchgeführt. Die Dauer der Aktivitäten musste flexibel geplant werden. Da die Kinder jederzeit in Einheiten einsteigen bzw. wieder aussteigen konnten, musste auf diese Wechsel Rücksicht genommen werden. Sollten Themen vertiefend behandelt werden, wurden mehrere Einheiten angeboten. Bei der Durchführung fiel allerdings auf, dass die teilnehmenden Kinder sehr engagiert bei der Sache waren und sich auch zum Teil sehr lange mit den jeweiligen Themen auseinandersetzen konnten.

3.3 Ergebnisse der Befragung

Gegen Ende des Projekts wurden drei am Projekt beteiligte und drei unabhängige, an anderen Standorten tätige Pädagoginnen zu ihrer Meinung befragt. Dabei standen vor allem das entwickelte Modell und die thematisierten Kompetenzen im Vordergrund. Die sechs Teilnehmerinnen hatten zwischen 10 und 29 Jahren Erfahrung im Elementarbereich. Jede von ihnen hatte bereits an Aktivitäten mit Technikbezug teilgenommen und fünf hatten

auch schon eigene Aktivitäten in diesem Bereich gestaltet. Mit Informatik sind fünf der Befragten in Berührung gekommen, wobei vier schon selbst mit Themen aus diesem Bereich gearbeitet haben. Die Ergebnisse zu den Meinungen zum Modell finden sich in Tab. 2.

	sehr gut	gut	mittel- mäßig	schlecht	sehr schlecht
F1: Wie würden Sie die Einsatzmöglichkeit des Modells für den Elementarbereich einschätzen?	2	4	0	0	0
F2: Ist die Reihenfolge der Kompetenzen passend?	2	2	2	0	0
F3: Werden die wichtigsten Themen der Informatik bzw. digitalen Bildung Ihrer Meinung nach durch das Modell abgedeckt?	4	2	0	0	0
F4: Sind Ihrer Meinung nach die im Modell enthaltenen Kompetenzen im Kindergarten erlernbar?	4	2	0	0	0

Tab. 2: Die Resultate zu den Fragen F1 bis F4 an die Pädagoginnen [Pa20].

Die Frage F1 beantworteten zwei Befragte mit *sehr gut* und vier mit *gut*. Nach der Meinung von zwei Pädagoginnen könnte die Reihenfolge der Kompetenzen allerdings angepasst werden. Sie beantworteten die Frage F2 mit einem *mittelmäßig*, wobei zwei *gut* und wiederum zwei *sehr gut* angaben. Mit den Themen waren die Befragten zufrieden, da vier die Frage F3 mit *sehr gut* und zwei mit *gut* beantworteten. Die Frage, welche Themen der Informatik fehlen würden, wurde von niemandem beantwortet. Hier muss erwähnt werden, dass dies die Meinungen der Pädagoginnen widerspiegelt, die sich von Expert*innenmeinungen durchaus unterscheiden können. Die Frage F4 hingegen trifft auf jeden Fall die Expertise der Pädagoginnen. Hier wurde viermal mit *sehr gut* und zweimal mit *gut* geantwortet. Die Pädagoginnen wurden ebenso gefragt, welche der definierten Kompetenzen – dies betraf diejenigen Zielkompetenzen, Hilfskompetenzen und Kompetenzen, die auf Grund einer Abhängigkeit in das Modell mitaufgenommen wurden – sie für am unpassendsten bzw. am passendsten erachteten. Als unpassend wurde mit zweimal am häufigsten eine Kompetenz genannt, die als Vorwissen für eine andere Kompetenz galt: „Die Kinder können die Bestandteile von Informatiksystemen unter Verwendung der Fachsprache der Informatik benennen [Be19]“. Begründet wurde dies – spannenderweise – damit, dass die Kinder oft eigene Namen für Dinge finden würden und die Notwendigkeit für Fachbegriffe nicht gegeben sei. Als am passendsten wurden meist Kompetenzen aus den Modulen 1. *Technologie im Alltag* und 2. *Digitale Medien verstehen* genannt. Beispiele für häufig als passend erwähnte Kompetenzen stammen aus den vorhergehenden Listen WK 2, HK 5, HK 1 sowie ID 2 [Pa20]. Gründe fanden sich oft in dem großen Interesse der Kinder aber auch darin, dass besagte Fähigkeiten im Kindergarten bereits häufig gefördert werden. Als weitere Begründung wurde auch angegeben, dass Kinder Medien kritisch und selbstbestimmt für sich nutzen können sollten.

4 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden Vorarbeit und Ergebnisse des Kooperationsprojekts *Digitaler Kindergarten* präsentiert. Das Projekt zielte darauf ab, das Thema Informatik

und digitale Bildung – auf Basis von Analysen von sieben internationalen und nationalen Lehrplänen, Standards und Kompetenzmodellen – für den Kindergarten zu planen, zu entwickeln und altersgerecht aufzubereiten. Durch eine graphbasierte Darstellung der Modelle war es möglich, Lernpfade für neun definierte Zielkompetenzen und fünf weitere Hilfskompetenzen zu erstellen. Ziel- sowie Hilfskompetenzen entstammen den analysierten Lehrplänen, Standards und Kompetenzmodellen und wurden gemeinsam mit Pädagoginnen für die entsprechenden Altersgruppe als geeignet befunden. Damit wurde ein strukturierter Weg geschaffen, um den Prozess der Workshop-Planung und der Materialentwicklung zu ermöglichen. Für die flexibel gehaltene Durchführung wurden acht Module geschaffen, in welchen thematisch verwandte Kompetenzen zusammengefasst und so unabhängig wie möglich voneinander gestaltet wurden. Die Materialien wurden den Kindern in offen zugänglichen Aktivitäten präsentiert und bereitwillig angenommen. Das wurde auch von den involvierten Pädagoginnen bestätigt, die überdies einen kurzen Fragebogen zum entwickelten Modell ausfüllten. Basierend auf den Ergebnissen dieses Fragebogens lässt sich sagen, dass das Modell gut für den Kindergarten geeignet ist und dass die Kompetenzen durchaus von dieser Altersstufe erreicht werden können. Zusätzlich wurden, so die Meinung der Pädagoginnen, die relevantesten Themen der Informatik und digitalen Bildung abgedeckt. Die Reihenfolge der Kompetenzen könnte allerdings geringfügig überarbeitet werden. Das Projekt war ein Teil des größeren Projekts *Lakeside IT-Curriculum*, welches das Ziel eines durchgängigen Modells für Informatik und digitale Bildung vom Kindergarten bis zum Schulabschluss verfolgt. Mit dem Pilotprojekt *Digitaler Kindergarten* wurde die erste Phase abgeschlossen. Ihr sollen nun Primar- sowie Sekundarstufe folgen. Zusätzlich sollen weitere Kindergärten Zugriff auf die Materialien erhalten und auch bei der Durchführung unterstützt werden. Detaillierte Beschreibungen der Workshopinhalte und Erfahrungen aus den Durchführungen werden in zukünftigen Arbeiten folgen.

Literatur

- [AC13] ACARA: Australian Curriculum, 2013, URL: [http : / / www . australiancurriculum.edu.au/technologies](http://www.australiancurriculum.edu.au/technologies), Stand: 30.01.2021.
- [Be19] Best, A.; Borowski, C.; Büttner, K.; Freudenberg, R.; Fricke Martin AND Haselmeier, K.; Herper, H.; Hinz, V.; Humbert (federführend), L.; Müller, D.; Schwill, A.; Thomas, M.: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. LOG IN 39/191/192, 2019.
- [CS17] CSTA (Computer Science Teachers Association): K-12 Computer Science Standards, Revised 2017, 2017, URL: <http://www.csteachers.org/standards>, Stand: 03.02.2021.
- [D-14] D-EDK: Lehrplan 21, 2014, URL: [http : / / v - ef . lehrplan . ch](http://v-ef.lehrplan.ch), Stand: 22.07.2021.
- [Di13] Digikomp Initiative: Digikomp4 Kompetenzmodell, 2013, URL: <https://digikomp.at/index.php?id=542&L=0>, Stand: 30.01.2021.

- [FF17] Fröhlich-Gildhoff, K.; Fröhlich-Gildhoff, M.: Digitale Medien in der Kita – die Risiken werden unterschätzt! Frühe Bildung 6/4, S. 225–228, 2017, URL: <https://doi.org/10.1026/2191-9186/a000332>, Stand: 22.07.2021.
- [Hi19] Hilber, D.: Medienpädagogik im Ausbildungskontext elementarpädagogischer Fachkräfte in Österreich. Medienimpulse 57/1, März 2019, URL: <https://t1p.de/5wxf>, Stand: 22.07.2021.
- [JHK16] Jin, K. H.; Haynie, K.; Kearns, G.: Teaching Elementary Students Programming in a Physical Computing Classroom. In: Proceedings of the 17th Annual Conference on Information Technology Education. ACM, Boston, Massachusetts, USA, S. 85–90, 2016, ISBN: 9781450344524, URL: <https://doi.org/10.1145/2978192.2978238>, Stand: 22.07.2021.
- [MBH10] Mittermeir, R. T.; Bischof, E.; Hodnigg, K.: Showing core-concepts of informatics to kids and their teachers. In: 4th International Conference on Informatics in Secondary Schools. Springer Berlin Heidelberg, S. 143–154, 2010.
- [MGB15] Martinez, C.; Gomez, M. J.; Benotti, L.: A Comparison of Preschool and Elementary School Children Learning Computer Science Concepts through a Multilanguage Robot Programming Platform. In: Proceedings of the 2015 ITiCSE. ACM, Vilnius, Lithuania, S. 159–164, 2015, ISBN: 9781450334402, URL: <https://doi.org/10.1145/2729094.2742599>.
- [Pa20] Pasterk, S.: Competency-Based Informatics Education in Primary and Lower Secondary Schools, Diss., Universität Klagenfurt, 2020.
- [PB17] Pasterk, S.; Bollin, A.: Graph-based analysis of computer science curricula for primary education. In: 2017 IEEE Frontiers in Education Conference. 2017.
- [PFS19] Pugh, H. S.; Frostholt, P. H.; Sørensen, M. D.: Exploring digital media-play as a formative and cultivative practice in a Danish kindergarten setting. Medienimpulse 57/1, März 2019, URL: <https://t1p.de/3hph8>, Stand: 22.07.2021.
- [Se11] Seehorn, D.; Carey, S.; Fuschetto, B.; Lee, I.; Moix, D.; O’Grady-Cunniff, D.; Owens, B. B.; Stephenson, C.; Verno, A.: CSTA K–12 Computer Science Standards, Techn. Ber., New York: CSTA Standards Task Force, 2011.
- [SPR14] Sabitzer, B.; Pasterk, S.; Reci, E.: Informatics - A Child’s Play?! In: Proceedings of the International Conference on Education and New Learning Technologies, EDULEARN. StudienVerlag, S. 1081–1090, 2014.
- [UK14] UK Department for Education: National Curriculum, 2014, URL: <https://t1p.de/bwlh>, Stand: 22.07.2021.
- [Yo03] Yost, N.: Look What Kindergarten Children Can Do with Technologies! In: Proceedings of the International Federation for Information Processing Working Group 3.5 Open Conference on Young Children and Learning Technologies - Volume 34. CRPIT ’03, Australian Computer Society, Inc., Sydney, Australia, S. 113–115, 2003, ISBN: 1920682163.

Praxisberichte

Einblicke in die Forschung: Informatik und Anwendungen – Erfahrungsbericht zu einer Ringvorlesung für Schüler*innen der Klassenstufen 9/10

Fabian Graap¹

Abstract: Dieser Beitrag stellt eine für Schüler*innen adaptierte Variante einer Ringvorlesung vor, welche im Wintersemester 2019/20 durchgeführt wurde. In diesem Rahmen referierten Expert*innen verschiedener Disziplinen der Informatik zu ausgewählten Aspekten ihrer Tätigkeit. Das für den schulischen Kontext wenig erprobte Format wurde pro Termin um einen hinführenden Unterrichtsbeitrag ergänzt, welcher den Lernenden der Klassenstufen 9/10 einen besseren Zugang zu den anspruchsvollen Inhalten der forschungsbezogenen Hauptvorträge ermöglichen sollte. In dieser Form konnte die Ringvorlesung das außerschulische Angebot zur Informatik auf innovative Weise erweitern.

Keywords: Außercurriculares Angebot; Ringvorlesung; Sekundarstufe I; Forschungsbezug; Anwendungsorientierte Informatik

1 Einleitung

Eine Ringvorlesung ist ein Veranstaltungsformat, das Vorträge und Diskussionen zu einem Rahmenthema beinhaltet. Zu regelmäßigen Terminen werden Expert*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur für einzelne Beiträge eingeladen. Üblicherweise sind diese an die Öffentlichkeit gerichtet, um einen Austausch des interessierten Publikums mit Fachleuten zu ermöglichen. Auch als Veranstaltungskonzept für Studierende finden Ringvorlesungen Beachtung, wie die Umsetzung des Lehrprojekts „Informatik im Alltag“ an der Universität Wuppertal zeigt [LH19]. Obwohl eine Ringvorlesung durchaus geeignet ist, Wissenschaftskommunikation zu betreiben und den Lernenden ein breites Bild von Informatik zu vermitteln, ist über den Einsatz dieses Formats bei Schüler*innen wenig bekannt.

Dieser Beitrag berichtet von der im ersten Halbjahr des Schuljahres 2019/20 an der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU Jena) durchgeführten Ringvorlesung *Einblicke in die Forschung: Informatik und Anwendungen*. Die Konzeption beinhaltete pro Termin eine im Unterrichtsstil abgehaltene Komponente zur Kompensation nicht ausreichenden Vorwissens; die Umsetzung wird anhand eines Beispiels erläutert. Die Veranstaltungsreihe wurde von etwa 30 Teilnehmer*innen aus den Klassenstufen 9 und 10 von vier Gemeinschaftsschulen besucht.

¹ Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fakultät für Mathematik und Informatik, Abteilung Didaktik, Ernst-Abbe-Platz 2, 07743 Jena, Deutschland; fabian.graap@uni-jena.de

2 Idee und Zielstellung

Das gemeinsame Ziel der Abteilung Didaktik der Fakultät für Mathematik und Informatik der FSU Jena und des witelo e.V. (Wissenschaftlich-technische Lernorte in Jena) war es, eine forschungsorientierte Veranstaltungsreihe für Schüler*innen der Klassenstufen 9/10 anzubieten. Die Initiatoren nahmen Kontakt zum zuständigen Staatlichen Schulamt auf und wurden zu einer Schulleiterberatung der Thüringer Gemeinschaftsschulen in der Region eingeladen. Das Schulamt versprach sich inhaltliche Impulse für das Wahlpflichtfach Informatik, welches sich an den Standorten im Aufbau befindet. Weitere (interne) Überlegungen führten zum an Hochschulen üblichen Format einer Ringvorlesung. Als Vortragende sollten Forscher*innen des Instituts für Informatik der FSU Jena und aus mit dem Institut vernetzten Einrichtungen gewonnen werden. Nicht zuletzt sollte die forschungsbezogene Veranstaltungsreihe unter den Teilnehmenden das Interesse für die Berufswahl im Bereich Informatik wecken oder vertiefen.

3 Eine Ringvorlesung als Angebot im Kontext Schule

3.1 Universitäre Veranstaltungen für Schüler*innen

Der Katalog an von Universitäten angebotenen Veranstaltungsformaten für Schüler*innen ist breit gefächert. Insbesondere sog. Schnupperversammlungen [Gö12] und Maßnahmen zur Gewinnung von Studierenden sind dabei vielfältig; eine Übersicht ist bei [BW09] zu finden. Am ehesten mit einer Ringvorlesung vergleichbar sind Formate wie Kinder-Uni bzw. Schüler-Uni mit eigens für die jeweilige Zielgruppe organisierten Beiträgen.

Angehörige der Fakultät für Mathematik und Informatik der FSU Jena beteiligen sich regelmäßig an für die Öffentlichkeit organisierten Events (Lange Nacht der Wissenschaften, Hochschulinformationstag u.a.) oder halten auf Anfrage Vorträge in einzelnen Schulen (mitunter „Rent-a-Prof“ genannt). Des Weiteren bietet die Fakultät für Mathematik und Informatik jährlich stattfindende Informatik-Sommercamps mit jeweils drei zweieinhalbtägigen Workshops an. Schüler*innen ab 14 Jahren können zwischen App-Entwicklung mit dem MIT App Inventor (für Anfänger), App-Entwicklung mit dem Android Studio (für Fortgeschrittene) und Hardware-Hacking mit Arduino (für Fortgeschrittene) wählen. Nicht zuletzt sind die vom witelo e.V. und dem Schülerforschungszentrum Jena eingerichteten Forscherclubs für Mathematik und Informatik zu nennen. Es handelt sich dabei um wöchentlich stattfindende dezentrale Arbeitsgemeinschaften, in welchen an selbstgewählten Fragestellungen gearbeitet wird [Mü21].

3.2 Adaption des Formats Ringvorlesung als neuartiges Angebot für Schulen

Das Konzept einer Vortragsreihe mit Expert*innen sowie einem übergeordneten Thema sollte als Wesenszug einer Ringvorlesung auch hier gelten. Das nun für eine jüngere

Zielgruppe zu konzipierende Format erhielt den Titel *Einblicke in die Forschung: Informatik und Anwendungen*. Die Referent*innen sprachen zu ausgewählten Aspekten ihrer Tätigkeit. Insgesamt wirkten acht Professor*innen sowie ein Postdoktorand aus dem Institut für Informatik der FSU Jena mit; des Weiteren konnten eine Abteilungsleiterin des in Jena ansässigen Instituts für Datenwissenschaften des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und der Direktor der Abteilung Biochemische Integration am Max-Planck-Institut für Biogeochemie Jena als Vortragende gewonnen werden. Sechs dieser Expert*innen sind im Michael-Stifel-Zentrum Jena² organisiert; drei agieren dort auch als Abteilungsleiter*in.

Im Gegensatz zu nur jährlich oder gar einmalig arrangierten Veranstaltungen bot die Ringvorlesung über drei Monate hinweg eine wöchentliche Plattform für Vorträge und Diskussionen. Gekoppelt an die Arbeitsschwerpunkte der Dozierenden wurden den Schüler*innen vielfältige und auch alltägliche Anwendungsbezüge der informatischen Forschung präsentiert. Beispielsweise wurden im Vortrag über Informatikmethoden im Kontext des Klima- und Erdsystems reale Forschungsdaten zur Messung und Modellierung des weltweiten CO₂-Haushalts gezeigt. Der Fokus lag dabei auf den Anforderungen der Gewinnung und Verwaltung von Daten. Die Vorlesung über Bioinformatik und das Wechselgeldproblem wurde mit der Forschungsaufgabe eingeleitet, Summenformeln bestimmter Moleküle in Zellen aus dem Output eines Massenspektrometers abzuleiten. Eine vereinfachte Modellierung des Sachverhalts führt zum Wechselgeldproblem, dessen algorithmische Lösung erarbeitet wurde. Im Rahmen des Termins zu Citizen Science wurde über einige Forschungsprojekte berichtet, an welchen die Schüler*innen bei Interesse sogar selbst teilnehmen können.

Abweichend vom Wesen einer Ringvorlesung wurde das Format um eine thematische Einordnung in den informatischen Kontext und eine Bereitstellung benötigten Vorwissens direkt im Vorfeld der Vorträge ergänzt. Diese Hinführung wurde stets durch den Autor als Unterricht in einer Form abgehalten, die den Lernenden vertraut gewesen sein dürfte. Die zu besprechenden Inhalte wählte die in der Abteilung Didaktik tätige Lehrperson gemeinsam mit den Referent*innen unter Berücksichtigung des zu erwartenden Wissensstands der Schüler*innen aus.

Die teilnehmenden Schulen verfahren unterschiedlich mit dem Angebot der Ringvorlesung. Eine Gemeinschaftsschule bot zu diesem Zeitpunkt das Wahlpflichtfach Informatik an, für deren Kurs der 9. Klassenstufe die Ringvorlesung als Unterrichtszeit zählte. Teilnehmende der anderen drei Schulen besuchten die Veranstaltung außerhalb ihrer Unterrichtszeit freiwillig oder im Rahmen von Ganztagsangeboten. Nahezu alle Lernenden, unter ihnen zehn Schülerinnen, nahmen an jedem Termin teil.

4 Vorlesungsthemen und Unterrichtsinhalte

Den Forschenden stand bei der Wahl ihrer Vortragsthemen frei, welche Aspekte aus ihrem Fachgebiet oder Anwendungen ihrer Tätigkeit sie vorstellten. Durch die Vielfalt

² <https://www.mscj.uni-jena.de>

der vertretenen Forschungsrichtungen sprach das Vorlesungsprogramm jeden der fünf Inhaltsbereiche der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I [GI08] mindestens einmal an. An einem zusätzlichen Termin wurde die Teilnahme am bundesweiten Wettbewerb Informatik-Biber organisiert. Das Vorlesungsprogramm, bestehend aus Unterricht und Hauptvortrag (je 45 Minuten), umfasste folgende Themen:

- Gibt es gute oder böse Algorithmen?
inkl. Eröffnungsveranstaltung
- Methoden der Bildersuche
Hinführung: Speicherung digitaler Bilder, RGB-Farbraum, lineare Filter
- Klima- und Erdsystem mit Informatikmethoden verstehen
Hinführung: Lineare Regression
- Bioinformatik und das Wechselgeldproblem
Nachbereitung: Darstellung des verwendeten Round-Robin-Algorithmus
- Größer, schneller, spannender – Wie rechnet man mit mehreren Computern gleichzeitig?
Hinführung: Matrix-Vektor-Multiplikation
- Softwarearchitektur am Beispiel von Netflix
Hinführung: UML-Klassendiagramme
- Einführung in Suchmaschinen
Hinführung: Dienste im Internet, Funktionsweise von Crawlern
- Warum Computer häufig nicht das berechnen, was wir erwarten – und was sich dagegen tun lässt
Hinführung: Darstellung und Speicherung von Dualzahlen, float-Datentyp
- B-Bäume
Hinführung: Binäre Bäume und Binäre Suche
- Kryptologie
Hinführung: Klassische Methoden der Verschlüsselung, modulo-Operation
- Citizen Science – Wissenschaft aktiv mitgestalten
inkl. Abschlussveranstaltung

5 Umsetzungsbeispiel: Einführung in Suchmaschinen sowie Funktionsweise von Crawlern

Der folgende Abschnitt präsentiert exemplarisch den Ablauf der Termine der Ringvorlesung, welche mit einer gemeinsam im Hörsaal abgehaltenen inhaltlichen Hinführung begannen (nur in einer Ausnahme wurde ein Vortrag nachbereitet). Die Referentin sprach zum Aufbau

eines Indexes von Suchmaschinen und dessen Personalisierung. Im Fokus der Vorbereitung standen daher Dokumente als Strukturelemente des WWW und die Funktionsweise von Crawlern.

Zunächst wurden die Schüler*innen um drei Begriffe zum *World Wide Web* gebeten. Der am häufigsten genannte Begriff lautete „Internet“. Um der typischen Fehlvorstellung entgegenzuwirken, Internet und WWW seien gleichzusetzen, wurde der Begriff Dienst erarbeitet und eine entsprechende Systematisierung vorgenommen. Es erfolgte eine kurze Erläuterung des Client-Server-Prinzips und der Rolle von Protokollen. Außerdem wurde das WWW als Ansammlung von untereinander referenzierenden Dokumenten charakterisiert, welche über eine URL identifiziert werden können. Ein Kernelement der Einführungen war die Eigenaktivität der Schüler*innen. Im vorgestellten Fall sollten die Lernenden in Partnerarbeit eine „analoge“ Methode entwickeln, eine Liste mit 1000 Webseiten mit Bezug zu Jena zu erstellen, ohne dabei auf Suchmaschinen zurückzugreifen. Als Listeneinträge waren die Startseiten der Stadt Jena und der FSU Jena vorgegeben. Mitgebrachte Notebooks, Tablets oder Smartphones waren erlaubt, um weitere Webseiten ausfindig zu machen; meist wurden Unterseiten oder bekannte Homepages von ortsansässigen Firmen, Vereinen etc. gesammelt. Diese Aufgabe galt als Ausgangspunkt für eine Überlegung zu noch größeren Listen und zeigte so die Notwendigkeit auf, den Prozess zu automatisieren. Anschließend wurden zu diesem Zweck genutzte Crawler und ihre Verarbeitung von Texten und Hyperlinks in Webdokumenten in Hinsicht auf genau diese Aufgabe erläutert.

Der anschließende Hauptvortrag griff die zuvor erarbeitete Vorstellung der Lernenden zu Webdokumenten auf. Die Professorin nannte zunächst als wesentlichen Grund für die Effizienz kommerzieller Suchmaschinen die Existenz eines Indexes, welcher unabhängig von der eigentlichen Nutzeranfrage aufgebaut wird. Zudem führte sie ein einfaches Modell des Datenflusses einer Suchmaschine ein: Nach einer *Vorverarbeitung* der Dokumente werden diese dann dem *Indexierungsprozess* zugeführt. Stellen nun Nutzer*innen eine *Anfrage*, werden nach dem *Abgleich* eine *Reihung* festgelegt und die Ergebnisse präsentiert. Zu den einzelnen Arbeitsschritten wurden einige, teilweise vereinfachte Werkzeuge bzw. Konzepte vorgestellt: Natural language processing, Hamming-Abstand, Levenshtein-Distanz, invertierte Dateien, Vector-Space-Modell.

Bei den Hauptbeiträgen handelte es sich um Vorträge im Stil einer universitären Vorlesung. Die Lernenden waren dazu angehalten, Notizen anzufertigen und Fragen zu stellen.

6 Feedback der Schüler*innen

Nach dem Ende der Ringvorlesung wurde den Schulen ein kurzer Evaluationsbogen zugesendet. Die Teilnehmer*innen wurden gebeten, zu einigen Aussagen über das Veranstaltungsformat Stellung zu beziehen. Als Antwortoptionen wurden Items einer fünfstufigen Likert-Skala von *stimme nicht zu* (0) bis *stimme zu* (4) vorgegeben. Auf Grund der gerin-

gen Stichprobengröße wurden lediglich die absoluten Häufigkeiten der jeweiligen Items bestimmt (siehe Tab. 1).

In 17 von 26 Rückmeldungen wurde angegeben, dass die inhaltliche Einführung im ersten Teil eines Termins (zumindest teilweise) zum besseren Verständnis des Hauptvortrags verhalf. Zwölf Lernende gaben an, dass die Einführungen (zumindest teilweise) an die eigenen Vorkenntnisse anknüpften. Bei den Fragen zu den Hauptvorträgen ergab sich ein differenzierteres Bild – insbesondere inwiefern die Dozierenden ihr Thema verständlich erklärten und ob sie einen guten Eindruck ihrer Arbeit vermittelten. Mehr als die Hälfte der Schüler*innen gab an, dass ihr Interesse an Informatik durch die Ringvorlesung nicht größer geworden ist. Allerdings stimmten 17 Teilnehmende (eher) zu, nun eine bessere Vorstellung von Informatik zu haben.

Die Evaluation lässt wegen der geringen Anzahl von Befragten keine allgemeingültigen Aussagen zu, liefert allerdings Hinweise darauf, dass eine hinführende Komponente eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen einer solchen Ringvorlesung ist. Dies sollte man genauer untersuchen. Für die Planung und Durchführung dieser zusätzlichen Komponente erscheint eine pädagogische und fachdidaktische Ausbildung notwendig, da in Bezug auf die forschungsbezogenen Inhalte der Hauptvorträge eine Auswahl und didaktische Reduktion einführender Themen erfolgen muss. Die Erklärungen der Dozierenden waren in den Hauptvorträgen vermutlich nicht ausreichend adressatengerecht. Bei einer evtl. Neuauflage der Ringvorlesung könnte daher das explizite Ziel verfolgt werden, den hohen Anspruch des Forschungsbezugs und der thematischen Vielfalt beizubehalten, aber gleichzeitig mehr Verständlichkeit zu erreichen. Dennoch spricht es für die Themenvielfalt des Formats, dass die Mehrheit angab, anschließend über eine bessere Vorstellung von der Disziplin zu verfügen.

Tab. 1: Absolute Häufigkeiten der Items der Evaluation ($n = 26$); fünfstufige Likert-Skala von 0 (stimme nicht zu) bis 4 (stimme zu)

	0	1	2	3	4	k.A.
Einführungen ermöglichten besseres Verständnis	0	3	6	11	6	–
Einführungen knüpften an Vorkenntnisse an	1	5	5	9	3	3
Dozierende erklärten Thema verständlich	1	10	7	6	2	–
Dozierende vermittelten guten Eindruck von ihrer Arbeit	1	5	10	6	4	–
Interesse an Informatik größer	9	6	3	5	2	1
Vorstellung, was Informatik überhaupt ist, besser	1	2	6	9	8	–

Bei einem nächsten Durchlauf sollten auch zu Beginn einige Daten erhoben werden. Dazu gehören das Interesse an Informatik, das bei den Lernenden bestehende Bild von Informatik und die Beweggründe für die Teilnahme. Diese Informationen liegen für die Pilotierungsphase nicht vor, sodass über Gründe für das wenig gestiegene Interesse an Informatik nichts ausgesagt werden kann. Des Weiteren könnten geschlechterspezifische Unterschiede bei der Wirkung der Ringvorlesung untersucht werden. Insofern sollte auch im Hinblick auf das Auftreten der Dozierenden als Rolemodels ein höherer Anteil von

Referentinnen angestrebt werden (bei dieser Vortragsreihe waren lediglich zwei Expertinnen beteiligt).

7 Fazit

Die Ringvorlesung mit Hauptvorträgen von Expert*innen sowie je einer vorbereitenden Komponente wurde für die besondere Adressatengruppe der Schüler*innen mit dem Anspruch des Forschungsbezugs konzipiert. In diesem Sinne wird die Pilotierungsphase dieses Veranstaltungsformats von den Organisatoren als Erfolg gewertet. Das spezielle Format bietet Möglichkeiten zur Wissenschaftskommunikation und kann anspruchsvolle Tätigkeitsfelder von Informatiker*innen jenseits des Programmierens aufzeigen. Ringvorlesungen für Schüler*innen bieten Potenzial, als weiteres (außerunterrichtliches) Angebot im Bereich der Informatik entwickelt zu werden.

Literatur

- [BW09] Brinda, T.; Water, D. v. d.: Wie gewinnt man Schülerinnen und Schüler für ein Informatikstudium? – Maßnahmen deutscher Hochschulen. In (Koerber, B., Hrsg.): Zukunft braucht Herkunft – 25 Jahre »INFOS – Informatik und Schule«. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 157–168, 2009.
- [GI08] Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Gesellschaft für Informatik e.V., Beilage zu LOG IN, 28. Jg. (2008), Heft Nr. 150/151, 2008.
- [Gö12] Göttel, T.: Schnupperveranstaltungen Informatik in der Hochschullandschaft: Angebot vs. Nachfrage? In (Forbrig, P.; Rick, D.; Scholitzky, A., Hrsg.): Hochschuldidaktik der Informatik, HDI 2016 – Informatik für eine nachhaltige Zukunft. 5. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung / Didaktik der Informatik, 06.–07. November 2012 an der Universität Hamburg. Bd. 5. Commentarii informaticae didacticae, Universitätsverlag Potsdam, S. 45–55, 2012.
- [LH19] Losch, D.; Humbert, L.: Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 119–128, 2019.
- [Mü21] Müller, M.: Distanzlernen am Beispiel des Schülerforschungsclubs Mathematik mit digitalen Werkzeugen – Theoretische Ausgangspunkte zur Rahmung und Entwicklung einer onlinegestützten Fern-Lernumgebung. Mitteilungen der GDM, Nr. 110, 2021.

Informatik-Grundlagen für Lehramtsstudierende – Ein Spagat zwischen Grundlagen- und Anwenderwissen

Daniel Braun,¹ Barbara Pampel², Melanie Seiss³

Abstract: Dem Konzept des Dagstuhl-Dreiecks folgend sollen Phänomene der digitalisierten Welt sowohl aus technologischer als auch anwendungsbezogener und gesellschaftlich-kultureller Perspektive mit Schüler*innen beleuchtet werden. Dieser Beitrag argumentiert, dass auch Lehrveranstaltungen zu Informatik-Grundlagen für Lehramtsstudierende aller Fachrichtungen nach dem Konzept des Dagstuhl-Dreiecks für die zu vermittelnden Informatik-Grundlagen umfassende Anwendungsperspektiven aufzeigen müssen, um die Relevanz der Inhalte zu verdeutlichen. Er zeigt außerdem am Beispiel einer im Wintersemester 2020/21 zum ersten Mal durchgeführten Lehrveranstaltung, wie dies umgesetzt werden kann.

Keywords: Informatik; Grundlagen; Lehramtsstudierende; Anwendungsbezug

1 Einleitung

Es herrscht ein breiter Konsens, dass informatische Kompetenzen in einer zunehmend digitalisierten Gesellschaft im Bildungsbereich unbedingt erforderlich sind. Auch die Gesellschaft für Informatik e.V. setzt sich mit dem im Mai 2020 gestarteten Aktionsbündnis *Offensive Digitale Schultransformation* für eine nachhaltige digitale Bildung ein [Ge20]. Die Offensive sieht unter anderem vor, den Informatikunterricht an Schulen zu stärken und fordert die Verankerung von digitalen Werkzeugen in allen Fächern (siehe auch [Br16a]). Wenn aber zukünftige Schüler*innen über diese informatischen Kompetenzen verfügen und diese Inhalte auch, wie in der KMK-Strategie [Ku16] vorgesehen, in verschiedenen Fächern Anwendung finden sollen, dann braucht es ebenso eine informatische Grundlagenausbildung für Lehramtsstudierende aller Fächer (z. B. [Ba20; Va19]). Allerdings teilen nicht alle Lehrenden, Studierenden und Lehrkräfte die gleiche Motivation. Schmid et al. [Sc17] stellen zum Beispiel fest, dass gerade Lehramtsstudierende weniger digital- und damit wahrscheinlich auch weniger Informatik-affin sind als Studierende anderer Studiengänge. Während Personengruppen mit Affinität zur Informatik tiefergehende und breitere Kompetenzen und Kenntnisse erwerben wollen, ist ein Antrieb in dieser Form bei Personen mit wenig oder keinem Informatik-Bezug deutlich geringer ausgeprägt. Letztere erkennen zwar eventuell noch die Relevanz informatischer Kenntnisse. Diese sind jedoch für sie kein Selbstzweck, sondern sollen unterstützend ihren eigentlichen fachlichen Zielen dienen.

¹ Universität Konstanz, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft, d.braun@uni-konstanz.de

² Universität Konstanz, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft, barbara.pampel@uni-konstanz.de

³ Universität Konstanz, Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft, melanie.seiss@uni-konstanz.de

Möchte man also einen Informatik-Grundlagen-Kurs inhaltlich auf alle Lehramtsstudierende ausrichten, sollte der Schwerpunkt auf der Vermittlung von und Verknüpfung mit Grundlagen für praktisch relevante Problemstellungen aus der Informatik liegen, die einen klaren Mehrwert zu fachfremden Elementen und Anwendungsfeldern liefern können. So kann eine fruchtbare Wechselbeziehung zwischen praktischem Mehrwert und Motivation zielführend aufgebaut werden. Wichtig dabei ist die systematische Wahrung einer konzeptionellen Perspektive, um die bloße Aneignung von nicht übertragbarem Produkt- oder Nutzerwissen zu verhindern. Diese Vorgabe kann effektiv mit der Einhaltung eines Mindestniveaus fachlicher Informatikinhalte verbunden werden, wobei auch dieses adressatenbezogen gewählt werden sollte. Ein solches Angebot ermöglicht die Aneignung von Informatik-Kenntnissen auch denjenigen Studierenden, die gewisse Vorbehalte und Unsicherheiten im Hinblick auf die eigenen Voraussetzungen und Fähigkeiten haben. Dadurch werden sie befähigt, die Auswirkungen informatischer Systeme und Prinzipien vor dem Hintergrund der Digitalisierung in ihren eigenen Fächern zu erkennen und sogar gestalterisch in diesen Bereichen aktiv werden zu können. Sonst besteht die Gefahr, dass die zukünftigen Lehrkräfte nur Anwender*innen und Konsument*innen von Angeboten sind, die zudem eine Fehlvorstellung von der Informatik als Fachdisziplin begünstigen. Durch ein allgemeines und niederschwelliges Angebot an alle Lehramtsstudierenden kann dies verhindert werden.

Diesen Ansatz haben wir in der Lehrveranstaltung *Pixel, Byte & Co: Informatik-Grundlagen für das Lehren mit digitalen Medien* umgesetzt und systematisch evaluiert. Da nicht die fachliche Breite, sondern insbesondere die spezielle Ausrichtung auf die Zielgruppe Vorrang hat, unterscheidet sie sich vom Konzept vieler vergleichbarer Angebote. Das Konzept und die Evaluationsergebnisse stellen wir in unserem Beitrag vor.

2 Das Projekt edu 4.0 an der Universität Konstanz

Die Entwicklung und Durchführung der Lehrveranstaltung *Pixel, Byte & Co: Informatik-Grundlagen für das Lehren mit digitalen Medien* ist eingebettet in das universitätsweite Projekt *edu 4.0: Digitalisierung in der Lehrerbildung* der Binational School of Education an der Universität Konstanz.⁴ Es wird von der gemeinsamen *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung seit 2020 mit einer Laufzeit von drei Jahren gefördert. Ziel des Projektes ist es, die digitalen Kompetenzen sowohl von Universitätslehrenden in der Lehrer*innenbildung als auch die Kompetenzen der Lehramtsstudierenden in diesem Bereich zu stärken. Dafür wurde ein Modell professionellen Handelns in der digital gestützten Lehre von Hochschuldozierenden in der Lehrer*innenbildung erarbeitet, das unter anderem auf [Ku16; Me19; RP17] basiert. Auf Grundlage dieses Modells werden nun Weiterbildungen und Beratungen für Dozierende in der Lehrer*innenbildung angeboten, die sie dazu befähigen sollen, in Zukunft selbst kompetent digital zu unterrichten. Auf diese Weise erleben Lehramtsstudierende in ihrem

⁴ <https://www.bise.uni-konstanz.de/projekte/edu40/>

Studium verschiedene gelungene digitale Lehrkonzepte als Teilnehmende und können diese Erfahrungen später für ihren eigenen Unterricht nutzen.

Darüber hinaus werden auch direkt Lehrveranstaltungen für Studierende durchgeführt, z. B. im Wintersemester 2020/21 das Seminar *Unterricht mit digitalen Medien: verstehen, entwerfen, umsetzen*. Während sich auch unsere Lehrveranstaltung direkt an Studierende richtet, wurden die verschiedenen Inhalte während der Entwicklung aber auch Dozierenden in der Lehrer*innenbildung zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise konnten die Inhalte nicht nur für die sehr verschiedenen Fachkulturen erprobt werden, sondern dienten auch den Dozierenden zur Weiterbildung. Neben diesen direkten Angeboten hat das Projekt das Ziel, digitalisierungsbezogene Inhalte und Lehr-/Lernformate systematisch und damit nachhaltig im Curriculum der Lehramtsstudiengänge zu verankern.

3 Entwicklung und inhaltliche Ausrichtung unserer Lehrveranstaltung

Wie eingangs diskutiert, brauchen angehende Lehrkräfte eine fundierte Ausbildung, um später an der Schule kompetent digital unterrichten zu können. Unsere Lehrveranstaltung soll Lehramtsstudierende durch die Vermittlung von Informatik-Grundlagen auf ihre zukünftigen Aufgaben vorbereiten. Sie hat das Ziel, den Studierenden eine ausreichende Breite an Informatik-Grundlagen zu vermitteln, die über eine reine Anwenderperspektive hinaus gehen. Auf der anderen Seite möchten wir die Relevanz der Informatik-Grundlagen mit ausgewählten Anwendungsbeispielen aus dem Alltag der Lehrkräfte aufzeigen sowie die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive anhand ausgewählter Themenbereiche beleuchten. Die Lehrveranstaltung setzt also das bekannte Konzept des Dagstuhl-Dreiecks [Br16b] und dessen Weiterentwicklung zum Frankfurt-Dreieck [Br19] für die Zielgruppe der Lehramtsstudierenden um. In dieser Anwendungsperspektive unterscheidet sie sich von vielen bisher beschriebenen Lehrveranstaltungen [LH19; SR18] und folgt dabei eher einer inhaltlichen Ausrichtung, wie sie Engbring vorschlägt [En18] bzw. ähnelt der von Haselmeier beschriebenen Lehrveranstaltung für Grundschullehrkräfte [Ha19].

3.1 Vergangene und bestehende Angebote für fachfremde Studierende

Bis zum Wintersemester 2009/2010 gab es an der Universität Konstanz bereits eine Informatik-Lehrveranstaltung im Umfang von 4 SWS und 6 ECTS-Credit, die sich speziell an fachfremde Studierende richtete. Die Inhalte umfassten vor allem fachwissenschaftliche Grundlagen von Rechnersystemen über Codierung, Algorithmik und einer Einführung in die Programmierung (Java) bis hin zum Einstieg in die theoretische Informatik. An diese Einführung konnten interessierte Studierende einen zweiten Kurs anschließen und sich dort im Rahmen kleiner Projekte vertieft mit Programmierung beschäftigen.

Ein Blick in eine der Lehrveranstaltungsevaluationen zeigt ein sehr heterogenes Teilnehmer*innenfeld aus Studierenden verschiedenster Fächer, darunter allerdings keine

Lehramtsstudierenden. Fast 60% der Studierenden hatten als Grund für den Besuch der Veranstaltung „Interesse“ angegeben. Auffällig ist auch, wie unterschiedlich die Relevanz der Inhalte für das jeweils eigene Fach empfunden wurde, denn die Einschätzungen sind hier absolut gleichverteilt (jeweils 20%) auf die fünf Antworten zwischen „trifft nicht zu“ und „trifft voll zu“. Insgesamt wurden die Inhalte als etwas zu schwer (3,38 auf einer Skala von 1 für „viel zu leicht“ bis 5 für „viel zu schwer“, Standardabweichung 0,89) geurteilt. In den Textkommentaren finden sich viele Anmerkungen, dass die inhaltliche Ausrichtung in den Augen einiger Studierender „zu abstrakt und realitätsfern“ war, und der Wunsch, die Inhalte „weniger mathematisch“ und „mehr praxisbezogen“ auszurichten.

Zum Wintersemester 2010/2011 wurden im Rahmen einer Studiengangsreform am Fachbereich Informatik und Informationswissenschaft die Grundlagenveranstaltungen in den Informatik-Studiengängen neu aufgeteilt. Da sich die Teil-Module des ersten Semesters *Konzepte der Informatik* und der *Programmierungskurs 1* weitgehend mit der Einführungsveranstaltung für fachfremde Studierende deckten, wurde die Veranstaltung eingestellt. Seitdem können interessierte Studierende anderer Fächer diese Teil-Module zusammen mit den Studienanfänger*innen der Informatik-Studiengänge besuchen. Tatsächlich interessieren sich viele fachfremde Studierende, vor allem aus den Naturwissenschaften, für dieses Angebot. In den letzten drei Semestern (WS 2019/20, SS 2020, WS2020/21) waren zwischen 22% und 56% der Teilnehmenden fachfremde Studierende. Allerdings war der Anteil an fachfremden Lehramtsstudierenden sehr gering (2-3% der Gesamtteilnehmenden). Dies könnte einerseits daran liegen, dass der Einstieg in die Informatik-Themen in dieser Lehrveranstaltung zu schnell und zu formal ist und der Bezug zur eigenen Fachdisziplin nicht deutlich genug wird. Andererseits kann es auch eine Rolle spielen, dass sich vor allem Lehramtsstudierende fachfremde Lehrveranstaltungen in der Regel nicht für ihr Studium anrechnen lassen können. Mit der Schaffung eines speziellen Lehrangebots für Lehramtsstudierende soll diesen beiden Problemen entgegen gewirkt werden.

3.2 Aufbau und Inhalte der Lehrveranstaltung

Unsere Lehrveranstaltung zielt in erster Linie auf die Gruppe der Studierenden ab, die nur wenige fachliche Berührungspunkte mit der Informatik haben. Für diese ist Informatik kein Selbstzweck, sondern dient der Erreichung anderer Ziele in ihren eigenen Fächern. Daraus resultieren vorrangig zwei Anforderungen: Der Kurs muss einerseits konkrete Vorteile für die (spätere) Praxis aufzeigen, die sie aufgrund der Teilnahme erwerben. Andererseits müssen Darstellung und Auswahl der behandelten Schwerpunkte der Tatsache Rechnung tragen, dass Tiefe und Breite der Kenntnisse in einem angemessenen Verhältnis zum Vorwissen und den Anwendungsmöglichkeiten in den Fächern stehen. Vor diesem Hintergrund wurden bewusst Einheiten inhaltlich zusammengestellt, die eine maximale Übertragbarkeit und Verknüpfung ermöglichen. Auch die Perspektive, die bei der Vermittlung eingenommen wird, fokussiert sich auf den nicht fachwissenschaftlich an der Informatik orientierten Lehramtsstudierenden. So werden gezielt möglichst viele Beispiele integriert, die im beruflichen Alltag nach dem

Studium eine Rolle spielen könnten. Die Kenntnisse und Kompetenzen sollen möglichst universell auf spätere konkrete Situationen angewendet werden können, da es in erster Linie um die Vermittlung von Konzept- und nicht Produktwissen geht. Im Zweifelsfall wird daher das fachliche Niveau stärker abgesenkt, da alternativ oder zusätzlich die Einführungsveranstaltung in die Informatik gehört werden kann. Aus dieser Überlegung heraus entstand eine Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende mit zwei Semesterwochenstunden und drei ECTS-Credits. Die Studierenden können sich diese Lehrveranstaltung im Bereich der Bildungswissenschaften anrechnen lassen.

Der Seminarplan umfasst die in Tabelle 1 dargestellten Themen, die aus möglichst nah an der Berufspraxis liegenden Beispielen motiviert werden, um die Relevanz der Inhalte aufzuzeigen. Alle Lerneinheiten enthalten neben einer theoretischen Einführung (verpflichtende und bewertete) Aufgaben, die jeweils noch weiter den Bezug zur Praxis herstellen. Für einen darüber hinausgehenden konkreteren Anwendungsbezug wird auf die weiteren, teilweise fachspezifischen Kurse zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht verwiesen.

Themengebiet	Inhalte	Anwendungsbezug
Rechneraufbau	Komponenten eines Rechners, Von-Neumann-Architektur	Kauf eines sinnvoll ausgestatteten Computers
Codierung	Zahlensysteme (Binär, Hexadezimal) Zahlen, Zeichen und Farben, Bilder (Pixel- vs. Vektorgrafiken), Dateiformate für Tabellen und Texte	Erstellen von Texten und Grafiken, gemeinsames Arbeiten an Dokumenten (systemübergreifend)
Datenschutz und Datensicherheit	Grundlegende Aspekte der Datenschutzgrundverordnung, Authentifizierung, Integritätsprüfung, Verschlüsselung	Datenschutz in Schulclouds, Datenrichtlinie von Facebook, Sicheres Speichern und Versenden von Daten
Rechnernetze, Spuren im Netz, sicheres Surfen	Adressierung (IPv4 & IPv6), Client-Server-Prinzip und DNS, Teilnetze und Paketorientierung, Zertifikate und Verschlüsselung	Geolokalisierung, Nachverfolgung durch DNS- und Webseitenanbieter, Tracking und Cookies, Zensur im Internet, Sicherheitsaspekte, VPN-Einsatz
Algorithmik und Programmierung	Variablen, Zuweisungen, Sequenzen, Verzweigungen, Schleifen, Iteration, Methoden, Rekursion, Künstliche Intelligenz	Grundlegende Funktionsweise technischer Systeme (Sensor/Aktor) bzw. der Datenverarbeitung (Eingabe/Ausgabe) verstehen

Tab. 1: Themen und Inhalte der Lehrveranstaltung

In den Lerneinheiten zur Algorithmik und Programmierung erhalten die Studierenden eine Einführung in die Programmierung mit Hilfe einer visuellen Sprache (SNAP!⁵) und setzen in jeder Lerneinheit die Inhalte in einem fortlaufenden Projekt (z. B. ein rudimentärer Texteditor) um. Für diese Einheiten bleibt der Anwendungsbezug damit abstrakter als in den übrigen Themengebieten.

⁵ <https://snap.berkeley.edu/>

Nicht in den verpflichtenden Lerneinheiten enthalten ist aufgrund der nur schwer aufzeigbaren Relevanz für alle Fächer die theoretische Informatik. Da Aspekte dieses Themengebietes aber Studierenden mancher Fächer, z. B. der Sprachwissenschaft, durchaus im Studium begegnen, soll hierfür in Zukunft eine optionale Einheit entwickelt werden. Eine weitere optionale Einheit wäre für Datenbanksysteme denkbar.

4 Evaluation der Lehrveranstaltung

Die Lehrveranstaltung wurde im Wintersemester 2020/2021 zum ersten Mal mit 22 Studentinnen und vier Studenten digital durchgeführt. Besonders erwähnenswert dabei ist, dass nur eine Studentin die Lehrveranstaltung im Laufe des Semesters abbrach (nach zwei Lerneinheiten). Alle anderen schlossen die Lehrveranstaltung sehr erfolgreich ab.

Die Teilnehmenden setzten sich zusammen aus vier Bachelor of Education Studierenden, zwei Master of Education Studierenden und 20 Studierenden der Wirtschaftspädagogik, die einen etwas anderen Studienaufbau haben als die Studierenden der Studiengänge Bachelor und Master of Education. Bei den Studierenden der Bachelor- und Master of Education Studiengänge waren die Fächer Englisch, Französisch, Deutsch, Geschichte, Philosophie, Politik, Sport sowie Chemie vertreten.

Um die Lehrveranstaltung für zukünftige Durchläufe verbessern zu können, wurde die Lehrveranstaltung im Laufe des Semesters mehrmals durch Umfragen evaluiert. Eine genaue Auswertung ist aufgrund der wenigen Skalenwerte (jeweils Werte zwischen 1 und 5) nicht ganz einfach, wenngleich trotzdem Tendenzen erkennbar sind.

4.1 Gesamtzufriedenheit, Arbeitsaufwand und Schwierigkeitsgrad

Insgesamt waren die Studierenden mit der Lehrveranstaltung in großem Maße zufrieden: Von 25 Teilnehmenden an der Umfrage waren 13 Studierende zufrieden und neun sogar sehr zufrieden; zwei waren unentschieden und nur eine Person war eher nicht zufrieden.

Diese hohen Zufriedenheitswerte stehen dabei tendenziell in Kontrast zu der Einschätzung des Arbeitsaufwandes und des Schwierigkeitsgrades (siehe Abb. 1), die wiederum insgesamt etwas zu hoch eingeschätzt wurden. Jeweils ca. 50% der Studierenden beurteilten den Arbeitsaufwand und den Schwierigkeitsgrad als „genau richtig“, ca. 40% als „etwas“ und 8% als „viel zu hoch“. Beim Arbeitsaufwand zeigt sich, dass der Umfang der investierten Zeit sehr unterschiedlich war: Die Verteilung war relativ gleichmäßig zwischen zwei und neun Stunden.

Sowohl beim Arbeitsaufwand als auch beim Schwierigkeitsgrad zeigt sich außerdem ein deutlicher Unterschied zwischen den einzelnen Lerneinheiten: So wurden die Lerneinheiten zum Rechneraufbau, Datenschutz und Datensicherheit als weniger schwierig und aufwändig eingeschätzt als die Lerneinheiten zu Algorithmik und Programmierung.

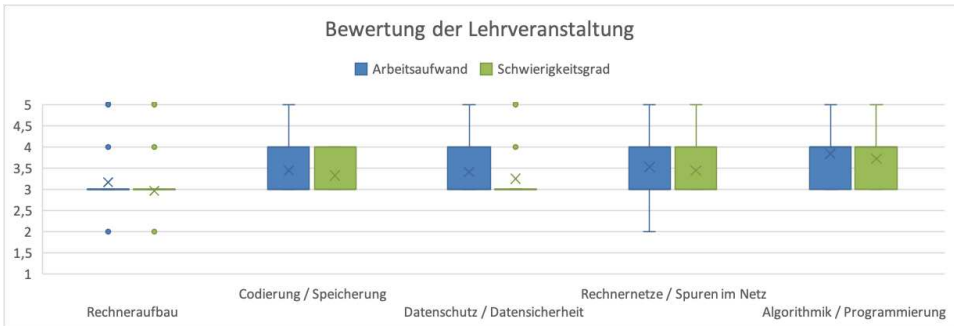


Abb. 1: Rückmeldungen zu „Wie schätzen Sie Ihren persönlichen Arbeitsaufwand im Vergleich zu den vergebenen ECTS-Credits ein?“ und „Die fachlichen Anforderungen der Veranstaltungen waren für mich“ von 1 („viel zu niedrig“) bis 5 („viel zu hoch“).

4.2 Einschätzungen zur Relevanz der Inhalte

Da eines unserer zentralen Ziele der Lehrveranstaltung war, den Studierenden die Relevanz von Informatik-Grundlagen für ihre berufliche Zukunft sowie deren Bedeutung in einer digitalisierten Welt aufzuzeigen, wurden diese beiden Punkte ebenfalls und jeweils aufgeschlüsselt nach den einzelnen Themen evaluiert (siehe Abb. 2). Dabei schätzten die Studierenden vor allem die Lerneinheiten zu Datenschutz und Datensicherheit sowie Rechnernetze und Spuren im Netz als relevant für die berufliche Zukunft ein. Auch bei den Lerneinheiten zu Rechneraufbau sowie Codierung und Speicherung stimmten zumindest ca. 50% der Studierenden den Aussagen zu. Lediglich bei den Lerneinheiten zur Algorithmik und Programmierung beurteilten die Studierenden die Relevanz für die berufliche Zukunft im Mittel als weniger relevant.

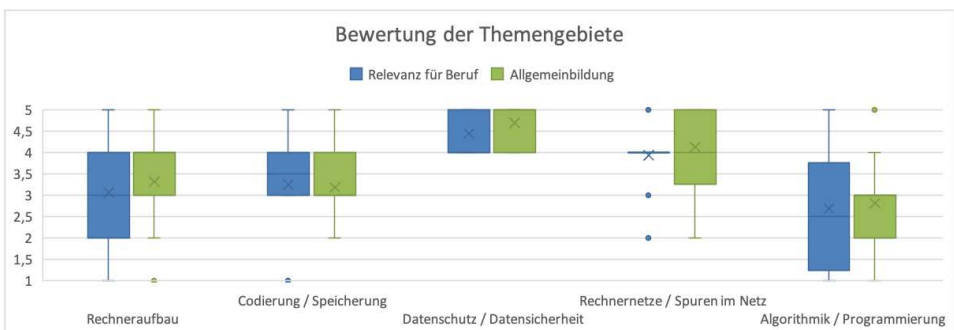


Abb. 2: Rückmeldungen zu „Die Inhalte der folgenden Lerneinheiten sind für meine berufliche Zukunft relevant.“ und „Ich betrachte die Inhalte der Lehrveranstaltung und der einzelnen Lerneinheiten als wichtigen Bestandteil der Allgemeinbildung in einer digitalisierten Gesellschaft.“ auf einer Skala zwischen 1 („trifft überhaupt nicht zu“) und 5 („trifft voll zu“).

Ein noch etwas klarer ausgeprägtes Bild zeigt sich bei der Frage, ob die Inhalte der Lehrveranstaltung als ein wichtiger Bestandteil der Allgemeinbildung in einer digitalisierten Gesellschaft betrachtet werden. Bezogen auf die gesamte Lehrveranstaltung stimmten dieser Aussage über 80% der Studierenden zu. Auch in Bezug auf die einzelnen Themengebiete wurde dieser Aussage zugestimmt – mit Ausnahme der Einheiten zu Algorithmik und Programmierung.

4.3 Selbsteinschätzung zum Kompetenzzuwachs

Um zu überprüfen, ob und wie sehr die Studierenden in den einzelnen Themengebieten an fachlicher Sicherheit gewinnen, wurden sie befragt, wie sie ihre Kenntnisse insgesamt (allgemeine Computerkenntnisse und Informatik-Grundlagen) bzw. in den einzelnen Gebieten vor und nach den Lerneinheiten einschätzen. Die Auswertung in Tabelle 2 zeigt eine signifikante Zunahme für alle Themengebiete mit großem Effekt, wenngleich die Aussagekraft bei einer so kleinen Stichprobe begrenzt ist und lediglich Tendenzen aufzeigen kann.

Themenbereich	M_{pre}	s_{pre}	M_{post}	s_{post}	d_z
allgemeine Informatik-Grundlagen	2,23	0,76	3,18	0,54	1,22
Rechneraufbau (LE 1)	2,23	0,85	3,27	0,78	1,45
Codierung und Speicherung (LE 2-4)	2,05	0,71	3,23	0,85	1,23
Datenschutz und Datensicherheit (LE 5, 6)	2,68	0,61	3,55	0,64	0,92
Rechnernetze und Spuren im Netz (LE 7, 8)	2,27	1,06	3,50	0,83	1,11
Algorithmik und Programmierung (LE 9-12)	1,76	0,52	3,12	0,44	1,80

Tab. 2: Mittelwerte M und Standardabweichungen s für Prä- (pre) und Post-Test ($post$), sowie die Effektstärke d_z nach Cohen [Co88] nach gepaartem t-Test.

5 Abschluss und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die von uns konzipierte Lehrveranstaltung von den Studierenden sehr gut angenommen wurde und wir das Ziel, den Studierenden Grundlagenwissen im Bereich der Informatik näher zu bringen, erreicht haben. Die Rückmeldungen zum Schwierigkeitsgrad, dem Arbeitsaufwand und der Gesamtzufriedenheit zeigen, dass eine Integration von weiteren Inhalten oder Vertiefungen zumindest im bisherigen Format für diese Zielgruppe mit zwei SWS und drei ECTS-Credits nur sehr schwer möglich wäre.

Ebenso wird aus den Rückmeldungen ersichtlich, dass wir die Relevanz der Inhalte für den zukünftigen Beruf für mehrere Bereiche vermitteln konnten. Um dies noch umfassender zu erreichen, sollten wir vor allem den Anwendungsbezug in den Einheiten zur Algorithmik und Programmierung noch klarer machen und die Bedeutung des *Computational Thinking* [Wi06] für die Allgemeinbildung herausstellen. Eine Überarbeitung der Auftaktveranstaltung

mit einer Integration der Gründe, warum Informatik zur Allgemeinbildung gehört (z. B. [Dö17]) wurde im Sommersemester 2021 bereits vorgenommen.

Eine weitere Rückmeldung der Studierenden war, dass sie trotz des schon hoch eingeschätzten Arbeitsaufwandes gerne weitere Einblicke in viele der behandelten Themengebiete gehabt hätten. Diesem Wunsch werden wir mit der Gestaltung von zusätzlichen, optionalen Einheiten nachkommen. Die Rückmeldung lässt aber auch hoffen, dass wir einige Studierende durch diese Lehrveranstaltung so an Informatik-Themen heranzuführen konnten, dass sie weitere Angebote der Universität in diesem Bereich, z. B. aus dem ADILT,⁶ annehmen werden.

Noch offen, aber auch in den Projektzielen vorgesehen, sind die Gestaltung der Lehrveranstaltung als ein nachhaltiges, rein digitales Angebot und die curriculare Verankerung der Lehrveranstaltung als verpflichtendes Element im Lehramtsstudium.

Literatur

- [Ba20] Barkmin, M.; Bergner, N.; Bröll, L.; Huwer, J.; Menne, A.; Seeger, S.: Informatik für alle?! - Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In (Beißwenger, M.; Bulizek, B.; Gryl, I.; Schacht, F., Hrsg.): Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung. Universitätverlag Rhein-Ruhr, Duisburg, S. 99–120, 2020.
- [Br16a] Brinda, T.: Stellungnahme zum KMK-Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“, 2016, URL: <https://fb-iad.gi.de/fileadmin/FB/IAD/Dokumente/gi-fbiad-stellungnahme-kmk-strategie-digitale-bildung.pdf>.
- [Br16b] Brinda, T.; Diethelm, I.; Gemulla, R.; Romeike, R.; Schöning, J.; Schulte, C.: Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digitalen vernetzten Welt: Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH, 2016.
- [Br19] Brinda, T.; Brüggem, N.; Diethelm, I.; Knaus, T.; Kommer, S.; Kopf, C.; Mis-somelius, P.; Tilemann, F.; Weich, A.: Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt – Ein interdisziplinäres Modell. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle: 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), S. 25–33, 2019.
- [Co88] Cohen, J.: Statistical power analysis for the behavioural sciences. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Associates, 1988.
- [Dö17] Döbeli Honegger, B.: Mehr als 0 und 1: Schule in einer digitalisierten Welt. hep Verlag, 2017.

⁶ <https://www.uni-konstanz.de/lehren/advanced-data-and-information-literacy-track-adilt/>

- [En18] Engbring, D.: Überlegungen zu einem Beitrag zur Lehrerbildung in der digital vernetzten Welt. Ein auf Erfahrungen gestützter Bericht und Diskussionsbeitrag. In: Informatik und Medien – 8. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik. S. 95–106, 2018.
- [Ge20] Gesellschaft für Informatik e.V.: Offensive Digitale Schultransformation, 2020, URL: <https://offensive-digitale-schultransformation.de/>.
- [Ha19] Haselmeier, K.: Informatik in der Grundschule - Stellschraube Lehrerbildung: Zur Notwendigkeit nachhaltiger informatischer Bildung für angehende Grundschullehrkräfte. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle: 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), S. 89–98, 2019.
- [Ku16] Kultusministerkonferenz: Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz, 2016, URL: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.
- [LH19] Losch, D.; Humbert, L.: Informatische Bildung für alle Lehramtsstudierenden: Reformprozess einer allgemeinbildenden Informatikveranstaltung in der universitären Lehrerbildung. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle: 18. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), S. 119–128, 2019.
- [Me19] Medienberatung NRW: Medienkompetenzrahmen NRW, 2019, URL: <https://medienkompetenzrahmen.nrw/medienkompetenzrahmen-nrw/>.
- [RP17] Redecker, C.; Punie, Y.: European framework for the digital competence of educators (DigCompEdu), 2017, URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fcc33b68-d581-11e7-a5b9-01aa75ed71a1>.
- [Sc17] Schmid, U.; Goertz, L.; Radomski, S.; Thom, S.; Behrens, J.: Monitor Digitale Bildung: Die Hochschulen im digitalen Zeitalter. BertelsmannStiftung, 2017.
- [SR18] Seegerer, S.; Romeike, R.: Was jeder über Informatik lernen sollte – Eine Analyse von Hochschulkursen für Studierende anderer Fachrichtungen. In (Bergner, N.; Röpke, R.; Schroeder, U.; Krömker, D., Hrsg.): Commentarii informaticae didacticae (CID) – 8. Fachtagung des GI-Fachbereichs Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik; 12.–13. September 2018 an der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Universitätsverlag Potsdam, Potsdam, S. 13–28, 2018.
- [Va19] Van Ackeren, I.; Aufenanger, S.; Eickelmann, B.; Friedrich, S.; Kammerl, R.; Knopf, J.; Mayrberger, K.; Scheika, H.; Scheiter, K.; Schiefner-Rohs, M.: Digitalisierung in der Lehrerbildung: Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. Die Deutsche Schule: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bildungspolitik und pädagogische Praxis 111/1, S. 103–119, 2019.
- [Wi06] Wing, J. M.: Computational thinking. Communications of the ACM 49/3, S. 33–35, 2006.

Vorstellung eines Lernspiels für Datenbank-Abfragesprachen

Andre Greubel¹ Jochen Schmitt² Chris Ziegler³

Abstract: In diesem Beitrag wird Escape vorgestellt, ein Spiel zum Erlernen der Abfragesprache SQL. Escape hebt sich von vergleichbaren Spielen durch eine Vielzahl an Funktionalitäten ab. Insbesondere ist es möglich, Nutzerabfragen schrittweise auszuführen, um Lernenden Rückmeldung über die Art ihrer Fehler zu geben. Escape unterscheidet zwischen wesentlichen und unwesentlichen Abweichungen von der Musterlösung und kann ohne Programmierung auf eigene Lerninhalte angepasst werden. Escape ist in Java geschrieben, quelloffen und kann kostenlos genutzt werden.

Keywords: Datenbank; SQL; Lernspiel; Tool; Workshop

1 Einleitung

In diesem Praxisbeitrag wird das Spiel Escape vorgestellt. Dabei handelt es sich um ein Spiel zum Erlernen der Datenbank-Abfragesprache SQL.

Das zentrale Design-Ziel von Escape ist die Erstellung eines motivierenden Lernspiels, das didaktisch hilfreiche Funktionalität umsetzt, die bisher nicht in vergleichbaren Lernspielen zu finden ist. Insbesondere soll es möglich sein:

- angemessene, automatisierte Rückmeldung zu falschen Lösungen zu erhalten. Zum Beispiel sollen kleine Abweichungen von der Musterlösung (wie Spalten in anderer Reihenfolge) nicht als Fehler gewertet werden.
- den Lerngegenstand mit geringem Aufwand dem eigenen Unterricht anzupassen. So soll es etwa möglich sein, ohne Programmierkenntnisse eigene Aufgaben und Stories zum Spiel hinzuzufügen.
- das Programm nachhaltig zu benutzen. Insbesondere soll das Programm ohne großen Aufwand der Programmierer und benutzenden Lehrkraft lauffähig bleiben.

Das zentrale Ziel war also die Programmierung eines motivierenden und leicht anpassbaren Programms zum Erlernen von SQL, das solide didaktische Unterstützung mitbringt.

¹ Universität Würzburg, Institut für Informatik, Mathematik West, 97074 Würzburg, andre.greubel@uni-wuerzburg

² Universität Würzburg, Institut für Informatik, Mathematik West, 97074 Würzburg, schmittjochen@icloud.com

³ Universität Würzburg, Institut für Informatik, Mathematik West, 97074 Würzburg, support@pgh-server.de

2 Vergleichbare Projekte

Angesichts der Vielzahl didaktischer Programme zum Erlernen von SQL stellt sich die Frage, weshalb eine weitere Entwicklung notwendig erschien. Kurz lässt sich dies mit den Unzulänglichkeiten der bisher vorhandenen Lösungen begründen.

Bereits vorhandene Software lässt sich dabei grob in drei Kategorien einteilen lassen:

1. Didaktische Datenbankclients: Tools wie DBSnap++ [Si18], SQLSnap! [Mo], oder VeraSQL [GRH20] stellen didaktisierte Oberflächen für die Eingabe von SQL-Befehlen zur Verfügung. Der Lerninhalt selbst (also Aufgaben und Server) sind üblicherweise von der Lehrkraft selbst zu erstellen und nicht direkt im Tool eingebunden.
2. Didaktische Lernumgebungen: Tools wie BlocklySQL [Pö19], oder SQL-Tutor [Mi98] stellen nicht nur eine Oberfläche, sondern auch die Anbindung an einen Datenbankserver und zum Teil auch Aufgaben zur Verfügung. Ein Austausch der Lerngegenstände ist bei diesen Tools nicht möglich.
3. Feste Lernspiele: Spiele wie SQLIsland [Sc14], GeoSQL Journey [Sa18], oder SQL Murder Mystery [La] sind Lernspiele für SQL. Ein Austausch der Lerngegenstände ist allerdings auch bei diesen Spielen nicht möglich.

Allerdings erfüllen weder die hier vorgestellten noch andere uns bekannte Umgebungen die in der Einleitung skizzierten Anforderungen an das Programm. Darüber hinaus werden einige der Lösungen nicht mehr gewartet und sind zum heutigen Stand nicht mehr benutzbar.

3 Funktionsumfang

In diesem Abschnitt wird der Funktionsumfang von Escape erläutert. Im Zentrum von Escape steht die Interaktion mit Leveln. Diese lassen sich wiederum in Story- und Aufgabenlevel unterteilen, welche in den Abschnitten 3.1 und 3.2 näher erläutert werden. Daneben werden noch die schrittweise Ausführung von Abfragen (Abschnitt 3.3), die Anpassung der Lerninhalte (Abschnitt 3.4) und einige Quality-of-Life-Features (Abschnitt 3.5) beschrieben.

3.1 Storylevel

Storylevel (vgl. Abbildung 1) setzen den geschichtlichen und fachlichen Rahmen für die Handlung und Aufgaben. Ihre zentrale Aufgabe ist es, einen motivierenden Rahmen für die Erledigung der Aufgaben zu schaffen und notwendige Informationen über SQL zu vermitteln.

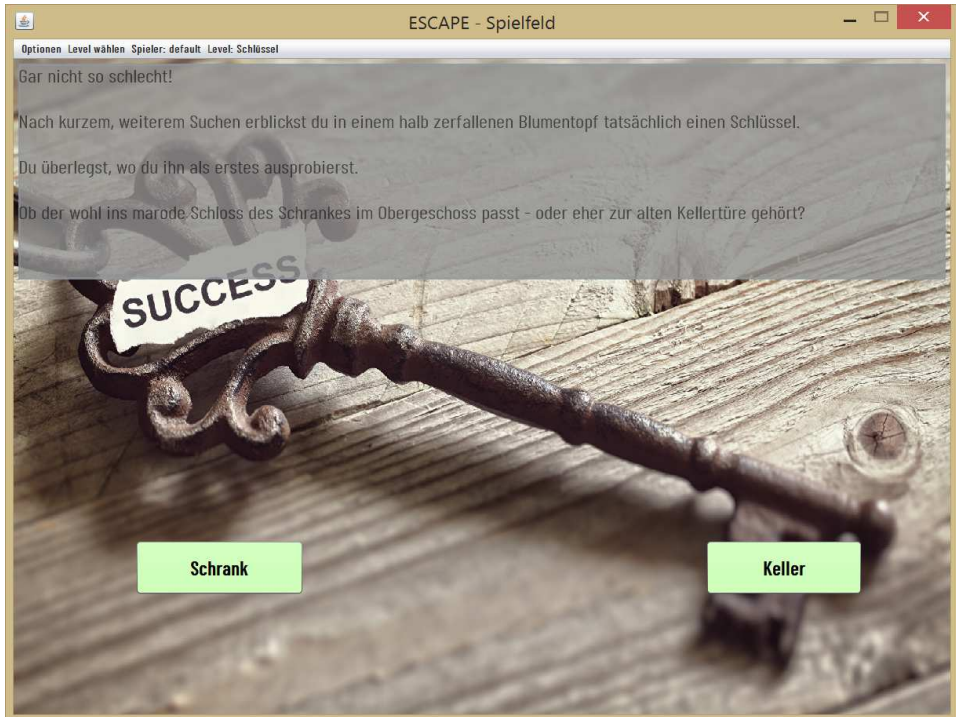


Abb. 1: Storylevel mit Entscheidungsmöglichkeit in Escape.

Die Standard-Story handelt dabei in 27 Leveln von einem Fahrradunfall kurz vor einem herannahenden Gewitter. Der Protagonist muss dabei über die Datenbank seine Handlungsoptionen (zum Beispiel benutzbare Wege und Gegenstände) über Datenbankabfragen erschließen. Ziel der Handlung ist es, Zuflucht in einem verschlossenem Haus zu finden. Dort kann er anschließend Gegenstände für die Reparatur seines Fahrrades finden, mit dessen Hilfe er dann wieder nach Hause fahren kann.

Die zu vermittelnden Inhalte orientieren sich dabei an den GI-Bildungsstandards für die mittleren Jahrgangsstufen [Br08], die unter Anderem als Grundlage für den Informatik-Lehrplan an bayerischen Gymnasien dienen. Das Voranschreiten der Story und der tiefere Einblick in die zugrunde liegende Welt kann dabei als zusätzliche Belohnung für die Erledigung von Aufgaben verstanden werden (Content Gamification, vgl. [Ka12]).

3.2 Aufgabenlevel

Aufgabenlevel bilden den Rahmen für die Beschäftigung mit der Abfragesprache SQL. Die Aufgabenstellung beschreibt dabei die gewünschte Information und das Aufbereitungsformat.

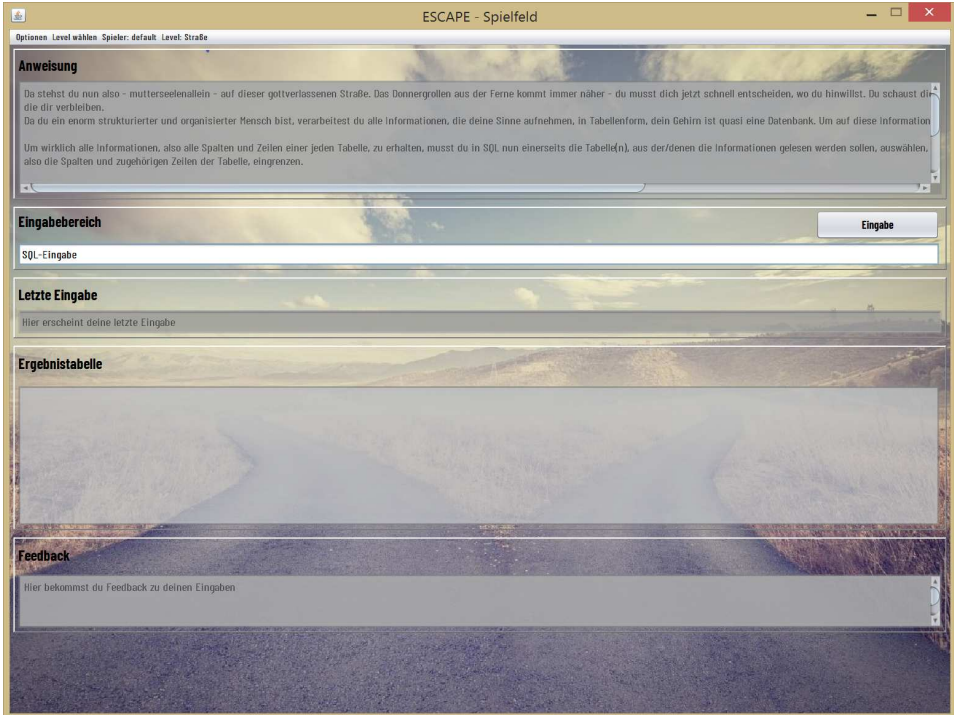


Abb. 2: Aufgabenlevel in Escape.

Aufgabe des Lernenden ist es nun, eine SQL-Anfrage zu schreiben, die die gewünschten Informationen im gewünschten Format liefert.

Gibt der Lernende einen SQL-Befehl ein, so wird dieser an eine Datenbank geschickt. Zusätzlich wird auch die Musterlösung an die Datenbank geschickt und anschließend die Ergebnistabellen verglichen. Sind die Tabellen inhaltsgleich, gilt die Aufgabe als richtig bearbeitet und der Schüler kommt ins nächste Level. Bei der dritten falschen Eingabe erhält der Lernende die Möglichkeit, sich einen Hinweis zur Lösung der Aufgabe anzeigen zu lassen.

3.3 Schrittweise Ausführung des Lösungsversuches

Neben der Möglichkeit, sich Hilfe anzeigen zu lassen, bietet Escape eine weitere zentrale didaktische Unterstützung für die Bearbeitung der Aufgabe an: Mit einem Klick auf *schrittweise Lösung* ist es möglich, die letzte eingegebene Abfrage Schritt für Schritt ausführen zu lassen. So würde etwa die Abfrage `SELECT A FROM B, C WHERE B.id = C.id AND D ORDER BY E;` in folgende Schritte unterteilt werden:

1. SELECT * FROM B;
2. SELECT * FROM B, C;
3. SELECT * FROM B, C WHERE B.id = C.id;
4. SELECT * FROM B, C WHERE B.id = C.id AND D;
5. SELECT * FROM B, C WHERE B.id = C.id AND D ORDER BY E;
6. SELECT A FROM B, C WHERE B.id = C.id AND D ORDER BY E;

Dabei werden in der graphischen Oberfläche zu jedem Schritt sowohl der oben gezeigte Zwischenbefehl als auch das Zwischenergebnis als (aus der Datenbank generierte) Tabelle angezeigt. Über zwei mit Pfeilen beschriftete Schaltflächen ist es möglich, zum vorherigen bzw. nächsten Schritt zu kommen.

3.4 Anpassen von Story und Lerninhalten

Eine weitere wesentliche Funktionalität von Escape stellt die einfache Anpassbarkeit auf eigenen Inhalt dar. Dies ist ohne Programmierung, allein mit Hilfe eines Texteditors, möglich. Die Level-Dateien selbst sind dabei im XML-Format aufgebaut und folgen einer einfachen, menschenlesbaren Syntax. Das zu dem Storylevel in Abbildung 1 gehörende Levelfile ist in Abbildung 3 abgebildet.

Um eine eigene Story hinzuzufügen, ist es nun lediglich notwendig:

1. einen Storyordner zu erstellen, in dem die einzelnen Level als txt-Datei abgelegt sind
2. eine Datenbank anzulegen, auf der die Aufgabenlevel ausführbar sind sowie
3. die Zugangsdaten für diese Datenbank in einer Config-Datei "config.txt" im Storyordner zu speichern

```
<Art> Entscheidung </Art>
<Grafik> Schluessel.jpg </Grafik>
<Anweisung>Gar nicht so schlecht!

Nach kurzem, weiterem Suchen erblickst du in einem halb zerfallenen Blumentopf tatsächlich einen Schlüssel.
Du überlegst, wo du ihn als erstes ausprobierst.

Ob der wohl ins marode Schloss des Schrankes im Obergeschoss passt - oder eher zur alten Kellertüre gehört?
</Anweisung>
<Option 1> Schrank </Option 1>
<Option 2> Keller </Option 2>
```

Abb. 3: Zum Storylevel aus Abb. 1 gehörendes Levelfile.

Anschließend kann die Story ausgewechselt werden, indem der Storyordner im Menüpunkt Einstellungen als zu verwendende Story ausgewählt wird.

3.5 Quality of Life Features

Zuletzt wurde bei Escape darauf geachtet, dass die Interaktion durch zahlreiche Quality-of-Life Features angenehm gestaltet wird.

So kann der aktuelle Spielfortschritt gespeichert werden, sodass der Lernende nach einer Pause an dem Punkt weiter machen kann, an dem er aufgehört hat. Dies wird über eine spezielle Tabelle in der benutzten Datenbank realisiert, die die aktuelle Level-ID und den Spielfortschritt speichert.

Bei einem Neustart des Spieles wird dabei der zuletzt gewählte Nutzernamen automatisch in das entsprechende Feld eingetragen – lediglich das Passwort muss erneut eingegeben werden.

Darüber hinaus ist es im Spielverlauf möglich, sich die Liste mit den bereits absolvierten Leveln anzeigen zu lassen und zu einem der Level zu springen. So können Aufgaben erneut geübt oder die Auswirkungen einer anderen Entscheidung in einem Storylevel erforscht werden. Allerdings kann diese Option bei Bedarf auch für eine Story deaktiviert werden, sofern der Designer dies wünscht.

Eine weitere Option stellt die automatische Permutationserkennung dar. Bei dieser wird automatisch analysiert, ob das Ergebnis der Tabelle inhaltlich richtig ist und sich nur in der Reihenfolge von Zeilen oder Spalten von der Musterlösung unterscheidet. Wird die automatische Permutationserkennung aktiviert, so werden auch permutierte Lösungen automatisch als richtig erkannt. Dies ist insbesondere am Anfang hilfreich, wenn zunächst der Grundaufbau von SQL-Abfragen eingeübt wird und auf Details (wie die Relevanz der Reihenfolge von Spalten in der SELECT-Anweisung oder die Bedeutung der ORDER-BY-Anweisung) noch nicht eingegangen werden soll.

Ist die automatische Permutationserkennung abgeschaltet, so wird dem Schüler bei Eingabe eines Lösungsversuches im Falle einer Permutation dennoch angezeigt, dass seine Lösung sinngemäß richtig, jedoch permutiert ist. Zudem sieht der Schüler, wenn die Anzahl der Spalten oder Zeilen nicht der Musterlösung entspricht. In diesem Fall erfolgt auch eine Rückmeldung, auf welche Art und Weise sich die Abweichung ergibt. Ein Beispiel ist in Abbildung 4 gezeigt. Diese detailliertere Rückmeldung ermöglichen es dem Schüler, die Art seines Fehlers einzugrenzen und so besser abzuschätzen, ob sein Lösungsversuch in die richtige Richtung geht.

Zuletzt ist es noch möglich, die Ästhetik des Spiels anzupassen: Sounds und Hintergrundmusik ⁴ sowie die Hintergrundgrafiken sind über das Menü bzw. in der Story konfigurierbar.

⁴ Aus technischen Gründen können aktuell nur .wav-Dateien eingebunden werden.

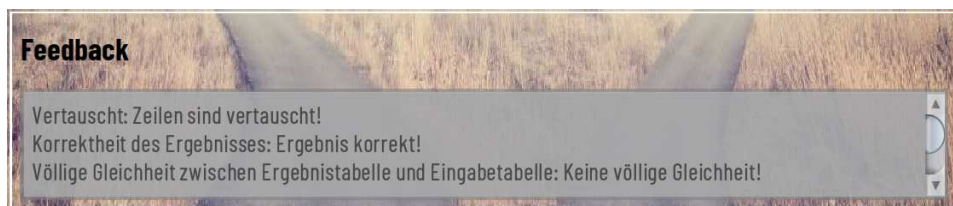


Abb. 4: Feedback bei vertauschten Zeilen.

4 Implementierung

Escape ist als Standalone Java-Anwendung auf der Basis von JavaSwing erstellt worden. Zur Benutzung muss Java in der Version 11 oder höher auf dem Computer installiert sein. Die GUI benötigt darüber hinaus eine Mindestauflösung von 1024x768. Weitere Bedingungen müssen nicht erfüllt sein.

Die Implementierung selbst umfasst aktuell etwa 5000 Zeilen Javacode und kann online eingesehen und heruntergeladen werden [GSZ].

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Praxisbeitrag wurde Escape, ein Lernspiel für SQL, vorgestellt.

Escape ist quelloffen, kostenlos nutzbar und hebt sich durch die veränderbare Story, die automatische Permutationserkennung, die schrittweise Durchführung von Abfragen, und zahlreiche Quality-of-life-Features von alternativen Lösungen ab.

Dennoch ist die Entwicklung von Escape nicht abgeschlossen. In den nächsten Schritten soll insbesondere die schrittweise Ausführung von Abfragen erweitert werden. Diese ist aktuell noch nicht für alle Syntaxkonstrukte (wie JOIN, HAVING, oder geklammerte Ausdrücke im WHERE) möglich. Darüber hinaus soll es künftig, als zusätzliches Hilfsmittel, auch möglich werden, die Musterlösung schrittweise ausführen zu lassen.

Eine weitere sinnvolle Ergänzung besteht in der automatischen Anzeige eines Datenbankdiagramms zur aktuellen Tabelle. Der genaue Aufbau der Tabelle ist zum aktuellen Zeitpunkt nur über die Aufgabenstellung erschließbar – was bei komplexen Aufgaben über mehrere Tabellen zu einem großen Textvolumen und einer unübersichtlichen Darstellung führt.

Zuletzt ist geplant, dass die Levelfiles auch aktiv falsche Lösungen aufnehmen können, bei deren Eingabe der Schüler dann gesondertes Feedback erhält. Auf diese Art und Weise ist es möglich, Fehlvorstellungen vorwegzunehmen und diesen durch gezieltes Feedback zu begegnen.

Literatur

- [Br08] Brinda, T.; Fothe, M.; Friedrich, S.; Koerber, B.; Puhlmann, H.; Röhner, G.; Schulte, C.: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Beilage zu LOG IN 150/151, S. 28, 2008.
- [GRH20] Greubel, A.; Rudolph, T.; Hennecke, M.: VeraSQL: An educational client for relational databases. DELFI 2020–Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik eV/, 2020.
- [GSZ] Greubel, A.; Schmitt, J.; Ziegler, C.: Escape Gitlab Repo, <https://gitlab.informatik.uni-wuerzburg.de/ang08dq/infos-escape>, Accessed: 2020-07-01.
- [Ka12] Kapp, K. M.: The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education. John Wiley & Sons, 2012.
- [La] Lab, K.: SQL Murder Mystery, <https://mystery.knightlab.com>, Accessed: 2020-02-01.
- [Mi98] Mitrovic, A.: Learning SQL with a Computerized Tutor. SIGCSE Bull. 30/1, S. 307–311, März 1998, ISSN: 0097-8418, URL: <https://doi.org/10.1145/274790.274318>.
- [Mo] Modrow, E.: SQLSnap!, <http://snapextensions.uni-goettingen.de>., Accessed: 2020-02-01.
- [Pö19] Pöhner, N.; Schmidt, T.; Greubel, A.; Hennecke, M.; Ehmann, M.: BlocklySQL: A new block-based editor for SQL. In: Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. S. 1–2, 2019.
- [Sa18] Sandoz, R.; Composto, S.; Diverne, S.; Ertz, O.; Ingensand, J.: GeoSQL Journey-A gamified learning experience to introduce (or demystify) geospatial SQL queries, Techn. Ber., PeerJ Preprints, 2018.
- [Sc14] Schildgen, J.: SQL island: An adventure game to learn the database language SQL. In: Proceedings of the 8th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2014). S. 137–138, 2014.
- [Si18] Silva, Y. N.; Nieuwenhuys, A.; Schenk, T. G.; Symons, A.: DBSnap++: creating data-driven programs by snapping blocks. In: Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. S. 170–175, 2018.

Digital Storytelling – Eine narrative Einführung in informatisches Denken

Karin Tengler¹

Abstract: Der Bedarf, digitale Bildung im Bildungssystem schon von Beginn an zu integrieren, ist heutzutage unbestritten. Informatische Bildung ist ein wichtiger Bestandteil davon. Da eine Verankerung im österreichischen Lehrplan der Primarstufe dahingehend geplant ist, wird die Erforschung von geeigneten Unterrichtsmethoden und -inhalten für diesen Bereich immer notwendiger. Aus diesem Grund wurde ein Forschungsprojekt mit programmierbaren Robotern entwickelt. Die im Beitrag vorgestellte Studie ist Teil dieses längerfristigen Forschungsprojekts, das sich mit der Implementierung informatischer Bildung unter Verwendung von Lernrobotern und der Methode des digitalen Storytellings auseinandersetzt. Ziel ist es, ein interdisziplinäres Unterrichtsprojekt für die Primarstufe zu entwickeln, um daraus didaktische und methodische Erkenntnisse zu gewinnen. Dieser Beitrag illustriert prototypisch, inwiefern die Methode des digitalen Storytellings die Entwicklung informatischen Denkens unterstützen kann. Die Ergebnisse dieser Teilstudie zeigen, dass die Kombination aus programmierbaren Robotern und digitalem Storytelling ein durchaus vielversprechender Ansatz sein kann.

Keywords: Digital Storytelling; informatisches Denken; programmierbare Roboter; Primarstufe

1 Einleitung

Informatische Bildung, Medienbildung und Computational Thinking – im deutschen Sprachraum auch als informatisches Denken verwendet – sind mittlerweile zu bedeutenden Begriffen geworden, wenn es um die Bildung im 21. Jahrhundert geht. Was in vielen Ländern schon Usus ist, nämlich bereits die Jüngsten im Bildungssystem mit Informatischer Bildung vertraut zu machen [Ri19], wird mit deren Verankerung als fächerübergreifende Kompetenzentwicklung im nächsten Lehrplan der Primarstufe [Ke20] in Österreich zum Thema. Gleichzeitig gewinnen dadurch Implementierung und medienpädagogisch relevante Didaktik an Bedeutung. Erste erfolgreiche Ansätze zeigt die Initiative des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) mit dem Projekt „Denken lernen – Probleme lösen“, das sich mit der Einführung Informatischer Bildung in der Primarstufe auseinandersetzt [Hi17]. Obwohl die Implementierung von Computational Thinking im Unterricht als eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Förderung von Problemlösungskompetenzen in jungen Jahren erachtet wird, steckt die Erforschung der Entwicklung und die Messung von Computational Thinking noch in den Kinderschuhen [BPS18]. Ein möglicher Ansatz ist der Einsatz von programmierbaren Robotern. Studien

¹ Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Mühlgasse 67, 2500 Baden, Österreich, k.tengler@ph-noe.ac.at

zeigen, dass spielerische Methoden des Programmierens mit Hilfe von Lernrobotern problemlösendes Denken [Be14] und die Motivation der Schüler*innen fördern können [AD16]. Neben den traditionellen Herangehensweisen an die Robotik werden Lernende besonders motiviert, wenn Robotik-Aktivitäten fächerübergreifend angeboten werden [AV20]. Dieser Beitrag beschreibt die Anwendung der Lehr- und Lernmethode des Digital Storytellings in einem interdisziplinären Ansatz sowie die Erkenntnisse darüber, inwiefern die Einführung informatischen Denkens durch diese narrative Unterrichtsform unterstützt werden kann.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Digital Storytelling

Digital Storytelling (DS) ist eine Lehr- und Lernmethode, die die traditionelle Form des Geschichtenerzählens mit dem Einsatz digitaler Technologien verbindet [Ro06]. Das Ziel ist, digitale Geschichten zu erstellen, die auf einer Kombination verschiedener Artefakte basieren. Obwohl die digitalen Geschichten das Ergebnis dieses Prozesses sind, liegt der „pädagogische (Mehr-)Wert des DS eher im Prozess als im finalen Produkt“ [Ot20, S.138]. Robin [Ro06] klassifiziert digitale Geschichten in drei Kategorien: persönliche Erzählungen, Geschichten, die sich mit historischen Ereignissen befassen und Geschichten, die primär der Information oder Belehrung dienen. In jeder Kategorie kann digitales Storytelling auf vielfältige Weise in die Unterrichtspraxis integriert werden. Folgende vier Hauptlehrsätze werden dazu vorgeschlagen: (a) fallbasiert, (b) erzählungsbasiert, (c) szenariobasiert und (d) problembasiert [KK17].

Kordaki und Kakavas [KK17] analysierten die Phasen des digitalen Storytellings und schlugen einen ersten Rahmen vor, der die Beziehung zwischen den Stufen des Digital Storytellings und der Entwicklung von Computational Thinking-Fähigkeiten hervorhebt. Das Erstellen der interaktiven Geschichten ermöglicht den Schüler*innen, ihre digitalen Fähigkeiten zu verbessern und eine Problemlösekompetenz zu entwickeln. Außerdem werden mit dieser Methode sowohl Kreativität [Ro16] als auch weitere Fähigkeiten, wie Zusammenarbeit, Kommunikation und kritisches Denken, die für das 21. Jahrhundert als wichtig erachtet werden, gefördert, da jede Gruppe von Schüler*innen ihr Wissen mit den anderen teilt und über das Ergebnis reflektiert [St20]. Digitale Storytelling-Aktivitäten, die problemlösendes Denken fördern, schaffen eine Verbindung zwischen der realen Welt und dem Klassenzimmer, was das Lernen unterhaltsamer macht und zusätzlich die Motivation der Lernenden erhöht [Pa21]. Robin [Ro06] nennt unter anderem folgende Kompetenzen, die Schüler*innen im Zuge des digitalen Storytellings erwerben:

Technologiekompetenz: die Kompetenz, verschiedene digitale Tools zu verwenden

Soziale Kompetenz: die Kompetenz, mit anderen zusammenzuarbeiten und seine Rolle in der Gruppe zu übernehmen

Problemlösekompetenz: die Kompetenz, Probleme und Hindernisse zu identifizieren und entsprechende Entscheidungen zu treffen

2.2 Problemlösekompetenz

Der Begriff Computational Thinking [Wi06] wird zumeist als Problemlösungsprozess beschrieben [IC11], wobei es mehrere Definitionen und Komponenten dieses Prozesses gibt. BBC Bitesize [Bi17] formuliert vier Hauptkomponenten, die Computational Thinking ausmachen: Zunächst werden Probleme in kleinere zerlegt („decomposition“), dann wird überlegt, ob eine Lösung für ein ähnliches Problem vorhanden ist („pattern recognition“). Danach bleiben nur noch die grundlegenden Informationen übrig („abstraction“). Anschließend kann eine Lösungsstrategie entworfen werden („algorithm“). Internationale Forscher verwenden den Begriff Computational Thinking, der vor allem durch Wings’ Artikel [Wing06] geprägt wurde, in dem sie Computational Thinking als grundlegende Fähigkeit für jeden vorschlug, um Informatik in der Allgemeinbildung zu integrieren. Computational Thinking entwickelt sich also immer mehr zu einer Schlüsselkompetenz für den zukünftigen wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt und es ist heute mehr denn je notwendig, Lernende mit informatischem Denken vertraut zu machen [Ki19]. Für Humbert et al. [Hu19, S.238] bedarf es neben einer adäquaten Implementierung der Informatik – als „kreativer Gestaltungsbereich fürs Problemlösen“ – auch entsprechender didaktische Konzepte.

2.3 Programmierbare Roboter

Spielerisches Programmieren, unplugged, also ganz ohne Computer, aber auch mit programmierbaren Robotern wird dabei als eine gute Möglichkeit gesehen, um problemlösendes Denken bereits bei jüngeren Kindern zu fördern [Be17; GSH18; LK14], und könnte möglicherweise später auch dazu führen, Interesse an technischen Berufen zu entwickeln [Hi17]. Grundsätzlich sollten Kinder ab der dritten Klasse keine Probleme haben, die grundlegenden Elemente einer Programmiersprache zur Steuerung von Aktivitätsabläufen zu verstehen und anzuwenden [We09]. Durch die haptische Wahrnehmung von programmierbaren Bodenrobotern, wie z. B. Beebots oder Ozobots, eignen sich diese besonders für jüngere Kinder [Hi17]. Esteve-Mon et al. [Es19] beschreiben den Roboter als ein greifbares Objekt, mit dem man durch programmierte Anweisungen mit der Umgebung interagieren kann und das außerdem als Werkzeug für die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten und zur Förderung der Kreativität dient. Dabei stellt auch die Art der Aufgabe eine wichtige Komponente für die erfolgreiche Umsetzung eines Lernprozesses speziell im Bereich der Informatischen Bildung dar. Für die Auswahl und Entwicklung der Aufgabenstellung können sich Lehrende an verschiedenen Qualitätskriterien orientieren [BHP14]. Um tatsächlich Kreativität und informatisches Denken zu fördern, ist es wichtig, dass „man nicht bei Rekonstruktion und Dekonstruktion vorhandener Inhalte verharrt“ [Br17], sondern eigene Ideen, Zusammenarbeit und mehrere Lösungswege zulässt.

2.4 Der Roboter Ozobot

Beispiele für diese programmierbaren Roboter sind Ozobots, kleine Roboter, die Linien folgen und mit Farbcodes programmiert werden können. Der Vorteil dieser Roboter für Kinder der Primarstufe ist, dass sie für einen leichten Einstieg geeignet sind und die Möglichkeiten der Erweiterung und Komplexität der zu erfüllenden Aufgaben nach oben offen sind [Te20]. Da das Be-Greifen und Handeln in Lernprozessen gerade bei jüngeren Kindern im Vordergrund stehen, eignen sich programmierbare Roboter besonders, um Schülerinnen und Schülern eine Einführung in das informatische Denken zu bieten. Der Ozobot erweist sich gerade hier als entsprechendes „Hilfsmittel zum Aufbau eines informatischen Basiswissens und einer problemlösungsorientierten Denkweise“ [GE17, S.110]. Durch ihren vielfältigen Einsatzbereich bieten sich zahlreiche Anlässe und Möglichkeiten, die Roboter fächerübergreifend im Unterricht der Primarstufe zu integrieren. Der Einsatz des Ozobots reicht von der Anwendung im Mathematikunterricht über künstlerisch-kreative Gestaltung der Ozobots und ihrer Umgebung bis hin zum Einsatz im Deutschunterricht im Rahmen der Methode des digitalen Storytellings [Te20].

3 Studie

Ziel der Studie war es, zu untersuchen, *inwiefern die narrative Methode des digitalen Storytellings die Entwicklung des informatischen Denkens unterstützen kann*. Ein besonderer Fokus wurde auf die Förderung der Kommunikation und Kollaboration sowie der Problemlösungskompetenz gerichtet. Um das didaktische Design zu untersuchen, wurde die Forschungsmethode Lesson Study gewählt und die Unterrichtseinheit „Storytelling mit Ozobots“ durchgeführt.

3.1 Methode

Lesson Study ist eine sehr spezifische Form der Aktionsforschung, wie sie in [APS18] beschrieben wird. Lesson Study ist ein komplexer Prozess einer strukturierten Erforschung des Unterrichts mit dem Ziel, die Lernprozesse der Schüler*innen besser zu verstehen und Möglichkeiten zu entwickeln, sie noch intensiver in ihren Lernprozessen zu unterstützen. Eine Unterrichtsstudie setzt direkt im Klassenzimmer an und konzentriert sich dabei auf das Lernen der Schüler*innen [Du14]. Der Prozess der Lesson Study-Forschung verläuft in mehreren Phasen (Abb. 1), um dann in einem zweiten Zyklus wieder von vorne zu beginnen. Die protokollierten Ergebnisse der Beobachtung der Forschungsstunde (siehe Kapitel 3.3) und das Feedback der Lehrenden werden gemeinsam mit einem Wissenspartner ausgewertet und dienen als Grundlage für die Überarbeitung der Unterrichtsplanung. Insgesamt geht es bei Lesson Study um eine kollaborative Unterrichtsplanung und -reflexion, die zu einer Erweiterung des Handlungsrepertoires der Lehrenden im Hinblick auf die Lernprozesse ihrer Schüler*innen führen soll [Du14].

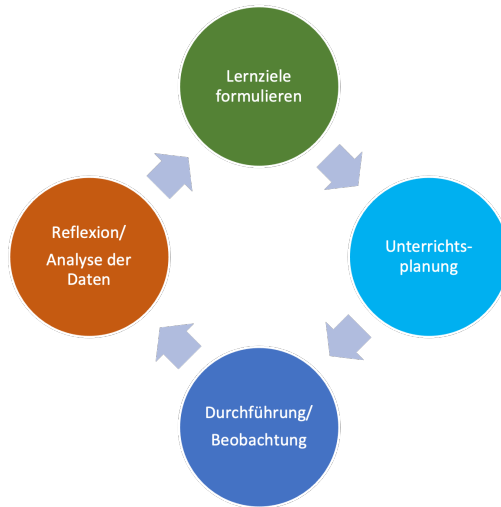


Abb. 1: Lesson Study Zyklus

3.2 Teilnehmende

Die Lesson Study-Forschung wurde im Schuljahr 2019/20 an einer österreichischen Schule in der Primarstufe während des Schichtbetriebs durchgeführt. Aufgrund der Corona-Pandemie wurde nach dem Lockdown in Österreich das System des Schichtbetriebs in den Schulen eingeführt. Dieses „sieht vor, dass alle Klassen in gleich große Gruppen geteilt und alternierend unter Einhaltung der Hygienevorschriften unterrichtet werden“ [Bu21]. Dabei nimmt jeweils eine Gruppe in Form des Präsenzunterrichts und die andere Gruppe in Form des Distance Learnings teil. Da dies auch auf die Stichprobe zutraf, konnte die Forschungsstunde in zwei Zyklen in zwei aufeinanderfolgenden Wochen durchgeführt werden. Die Stichprobe (n=17) bestand aus Schüler*innen der Primarstufe der 3. Klasse, darunter fünf Mädchen und zwölf Buben, die alphabetisch in zwei Gruppen geteilt wurden. Während der beiden Forschungsstunden wurden die Daten jeweils anhand folgender Dokumente erhoben: Design der Forschungsstunde, Beobachtungsprotokoll, Reflexionsprotokoll und künstlerische Artefakte, die durch die grafische Umsetzung des Märchens gestaltet wurden. Anschließend wurden die Daten ausgewertet und interpretiert.

3.3 Forschungsstunde

Da diese Studie Teil einer längerfristigen Design Based Research-Studie [Ba18] ist, die die Entwicklung von informatischem Denken durch den Einsatz programmierbarer Roboter in der Primarstufe untersuchen soll, waren die Schüler*innen bereits mit der Programmierung

des Ozobots vertraut. Trotzdem wurden die Funktionsweise und die Codierung des Ozobots zu Beginn der Storytelling-Einheit wiederholt (Abb. 2).



Abb. 2: Programmieren mit dem Ozobot

Danach wurden die Schüler*innen in Dreier- oder Vierergruppen aufgeteilt und erhielten ein Arbeitsblatt mit einer problembasierten Aufgabenstellung. Die Aufgabe der Lernenden war es, ein Märchen zu erfinden, das auf den vorgegebenen Figuren (Prinzessin, Drache) und einigen Fakten (z. B. über einen Fluss gehen, ...) basiert. Danach sollten sie die Handlung der Geschichte grafisch so aufbereiten und entsprechend programmieren, dass sie mit dem Ozobot ausgeführt werden konnte (Abb. 3). Die Schüler*innen sollten den Handlungsaktivitäten entsprechende Codes und Linien verwenden, so dass der Ozobot z.B. die Farbe ändert, sich dreht oder die Geschwindigkeit ändert. Schließlich wurde die Geschichte mit einem Tablet gefilmt und den anderen Gruppen präsentiert.



Abb. 3: Storytelling mit dem Ozobot

In Zyklus 1 wurden den Schüler*innen bestimmte Handlungsabläufe und Programmiercodes durch die Lehrperson vorgegeben, die sie dann in ihre grafische Umsetzung einfließen ließen. Aufgrund der Reflexion wurde den Schüler*innen im zweiten Zyklus mehr Freiheit in der Verwendung der Programmiercodes und auch mehr Freiraum in der Gestaltung der Geschichte gegeben. Dadurch, dass Ozobots in dieser Klasse danach häufiger zum Einsatz kamen, hatte auch die erste Gruppe später die Gelegenheit, individueller zu arbeiten. Weitere

Zyklen der Lesson Study-Forschung, die für das Wintersemester 2020/21 geplant waren, mussten aufgrund der Corona-Pandemie auf das Sommersemester 2021 verschoben werden.

4 Erkenntnisse

Die Kombination der Methode des Digital Storytellings mit dem Programmieren eines Roboters bietet auf jeden Fall eine einfache, erfolgversprechende Möglichkeit, um die Grundbegriffe des Programmierens spielerisch zu vermitteln und gleichzeitig Problemlösungskompetenzen aufzubauen. Die Ergebnisse zeigen, dass dieser interdisziplinäre Ansatz sehr effektiv für die Förderung der Motivation und die Freude an der Arbeit ist [Pa21]. Diese Bedingungen sind vor allem dann notwendig sind, wenn beim präzisen Zeichnen der Linien manchmal ein wenig Geduld gefordert ist, damit der Roboter die Farbcodes richtig interpretieren kann. Aufgrund der Veränderung von Zyklus 1 auf Zyklus 2, bei dem in Bezug auf Verwendung der Programmiercodes und Gestaltung der Geschichte mehr Freiheit eingeräumt wurde, ging aus der Beobachtung und auch beim Betrachten der Artefakte hervor, dass hier ein kreativeres Arbeiten sichtbar wurde. Hier wurde das Einbeziehen aktueller Probleme zur Thematik. Ein an Corona erkrankter Drache hielt die Prinzessin in seiner Burg gefangen. Zu bemerken war aber auch, dass für lernschwächere Schüler*innen konkrete Anweisungen hilfreicher waren und für sie das Arbeiten dadurch leichter wurde. Ein weiterer wesentlicher Aspekt des digitalen Storytellings, der gerade durch die Verwendung der programmierbaren Roboter ganz deutlich wurde, ist der der Interaktivität. Die Schüler*innen konnten jederzeit in die Darstellung und Gestaltung der Geschichte eingreifen und Details verändern. So fand ein ständiger Prozess der Evaluierung statt.

4.1 Problemlösekompetenz

Durch die grafische Umsetzung des Märchens wird gleichsam das Storyboard, das gleichzeitig die Kulisse darstellt, produziert. Da die Schüler*innen sehr auf das Erfinden und Gestalten der Geschichte fokussiert sind, gelingt die Einführung in das informatische, problemlösungsorientierte Denken eigentlich ganz mühelos. Durch den Einsatz des Lernroboters wird die Erledigung der problembasierten Aufgabenstellung strukturierter, insofern das Märchen in verschiedene Handlungsabläufe und entsprechende Aktivitäten aufgeteilt wird [Bi17]. Um die richtige Auswahl der Programmiercodes zu treffen, werden die Schüler*innen stets dazu angeregt, über die Handlungsaktivitäten zu reflektieren. Außerdem ist eine genaue Planung der notwendigen Linien und Platzierung der Programmiercodes unumgänglich, damit der Roboter erfolgreich seine Geschichte abfahren kann. Durch die grafische Darstellung wird die Handlung der Geschichte abstrahiert und anschließend mit dem Erzählen im Grunde wieder entschlüsselt, dadurch wird das algorithmische und logische Denken enorm gefördert. Da der Fokus dieser Forschungsstunde auf der Einführung in die Informatische Bildung lag, bestand in diesem Beispiel der pädagogische Mehrwert eher auf dem (Lern-)Prozess

als auf dem Endprodukt [Ot20]. Das Filmen der Geschichte und damit einhergehend die Präsentation und Evaluation des entstandenen Produktes stellte dabei natürlich einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Problemlösungsprozesses dar.

4.2 Kommunikation und Kollaboration

Die leichte Handhabung des Ozobots und seine einfache Funktionsweise haben natürlich großen Anteil an der Motivation und der engagierten Leistung. Dies merkte man den Schüler*innen beim gemeinsamen Arbeiten und Diskutieren an und trug damit ebenso zur erfolgreichen Lösung der Aufgabe bei. Die Aufteilung in Gruppen förderte effektiv die Kommunikation, die Fähigkeit, Gedanken und Ideen auszutauschen und anderen zuzuhören, sowie die gute Zusammenarbeit, da jeder Lernende die Möglichkeit hatte, Ideen zur Geschichte einzubringen und die Programmierung des Roboters auszuprobieren. Man konnte intensive Diskussionen sowohl bei der Entstehung der Handlung als auch dann bei deren Umsetzung beobachten. Dabei zeigten die Schüler*innen gemeinsame Verantwortung und die Bereitschaft, auch notwendige Kompromisse einzugehen, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen, selbst, wenn das nicht allen immer leichtfiel.

5 Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass digitales Storytelling in Verbindung mit Lernrobotern durchaus eine vielversprechende didaktische Methode darstellt, um Informatische Bildung in der Primarstufe in einem interdisziplinären Ansatz einzuführen und dabei die Entwicklung von problemlösendem Denken zu unterstützen und zu fördern. Dabei handelt es sich bei dieser Studie, wie bereits erwähnt, um einen Teil einer größeren Design Based Research-Studie. Daher ist geplant, die Implementierung der Lernumgebung auf mehrere Klassen der Primarstufe auszuweiten und weitere Untersuchungen durchzuführen. In einem zukünftigen Ansatz wäre es interessant, zu untersuchen, inwieweit digitales Storytelling auch mit anderen programmierbaren Robotern möglich ist, welche Erkenntnisse sich daraus ergeben und ob es Unterschiede im Vergleich zum Einsatz des Ozobots gibt.

Literatur

- [AD16] Atmatzidou, S.; Demetriadis, S.: Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems* 75/, S. 661–670, 2016.
- [APS18] Altrichter, H.; Posch, P.; Spann, H.: Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht: Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. UTB, 2018.

- [AV20] Angeli, C.; Valanides, N.: Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in Human Behavior* 105/, S. 105954, 2020.
- [Ba18] Bakker, A.: Design research in education: A practical guide for early career researchers. Routledge, 2018.
- [Be14] Bers, M. U.; Flannery, L.; Kazakoff, E. R.; Sullivan, A.: Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education* 72/, S. 145–157, 2014.
- [Be17] Bergner, N.; Hilde, K.; Magenheimer, J.; Kathrin, M.; Ralf, R.; Ulrik, S.; Carsten, S.: Zieldimensionen für frühe informatische Bildung im Kindergarten und in der Grundschule. *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*/, 2017.
- [BHP14] Brichzin, P.; Humbert, L.; Puhlmann, H.: Aufgabenkultur im Schulfach Informatik. *LOG IN*: Vol. 34, No. 1/, 2014.
- [Bi17] Bitesize, B.: Introduction to computational thinking, 2017, URL: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>, Stand: 23. 07. 2021.
- [BPS18] Boticki, I.; Pivalica, D.; Seow, P.: The use of computational thinking concepts in early primary school. *Science* 2/, S. 1, 2018.
- [Br17] Brandhofer, G.: Coding und Robotik im Unterricht. *Erziehung und Unterricht* 167/7-8, S. 630–637, 2017.
- [Bu21] Bundesministerium für Bildung, W.u.F.: Distance Learning, 2021, URL: <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/beratung/corona/schulbetrieb20210118.html>, Stand: 23. 07. 2021.
- [Du14] Dudley, P.: Lesson study: A handbook. Lesson Study UK, 2014.
- [Es19] Esteve-Mon, F. M.; Adell-Segura, J.; Llopis Nebot, M. Á.; Valdeolivas Novella, M. G.; Pacheco Aparicio, J.: The development of computational thinking in student teachers through an intervention with educational robotics. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice* 18/, S. 139–152, 2019.
- [GE17] Geier, G.; Ebner, M.: Einsatz von OZOBOTs zur informatischen Grundbildung. *Lernen und Lehren mit Technologien: Vermittlung digitaler und informatischer Kompetenzen* [Themenheft]. *Erziehung & Unterricht* 167/7-8, S. 109–113, 2017.
- [GSH18] Geldreich, K.; Simon, A.; Hubwieser, P.: A Design-Based Research Approach for introducing Algorithmics and Programming to Bavarian Primary Schools: Theoretical Foundation and Didactic Implementation. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 33/, S. 53–75, 2018.
- [Hi17] Himpsl-Gutermann, K.; Brandhofer, G.; Bachinger, A.; Steiner, M.; Gawin, A.: Das Projekt „Denken lernen–Probleme lösen (DLPL)“. *Medienimpulse* 55/2, 2017.

- [Hu19] Humbert, L.; Herper, H.; Best, A.; Borowski, C.; Freudenberg, R.; Fricke, M.; Haselmeier, K.; Hinz, V.; Müller, D.; Schwill, A. et al.: Empfehlungen der GI-Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Informatik für alle/, 2019.
- [IC11] ISTE; CSTA: Operational definition of computational thinking for K–12 education. National Science Foundation/, 2011.
- [Ke20] Kern, A.: Weiterentwicklung der Lehrpläne der Primar- und Sekundarstufe in Österreich. Medienimpulse 58/1, 11–Seiten, 2020.
- [Ki19] for Kids, B.: Framework for 21st century learning definitions, 2019.
- [KK17] Kordaki, M.; Kakavas, P.: Digital Storytelling as an effective framework for the development of computational thinking skills. EDULEARN2017/, S. 3–5, 2017.
- [LK14] Lye, S. Y.; Koh, J. H. L.: Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? Computers in Human Behavior 41/, S. 51–61, 2014.
- [Ot20] Otto, D.: Hochschullehre und Digitalisierung: Digital Storytelling als Lehr-Lernmethode für Kompetenzen in der digitalen Welt. In: Bildung und Digitalisierung. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, S. 135–152, 2020.
- [Pa21] Parsazadeh, N.; Cheng, P.-Y.; Wu, T.-T.; Huang, Y.-M.: Integrating Computational Thinking Concept Into Digital Storytelling to Improve Learners' Motivation and Performance. Journal of Educational Computing Research 59/3, S. 470–495, 2021.
- [Ri19] Rich, P. J.; Browning, S. F.; Perkins, M.; Shoop, T.; Yoshikawa, E.; Belikov, O. M.: Coding in K-8: International trends in teaching elementary/primary computing. TechTrends 63/3, S. 311–329, 2019.
- [Ro06] Robin, B.: The educational uses of digital storytelling. In: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), S. 709–716, 2006.
- [Ro16] Robin, B. R.: The Power of Digital Storytelling to Support Teaching and Learning. Digital Education Review/, S. 17–29, 2016.
- [St20] Stork, M. G.: Supporting Twenty-First Century Competencies Using Robots and Digital Storytelling. Journal of Formative Design in Learning/, S. 1–8, 2020.
- [Te20] Tengler, K.: Klein, kreativ, Ozobot: Förderung von Kreativität und informatischem Denken durch spielerisches Programmieren. R&E-SOURCE/, 2020.
- [We09] Weigend, M.: Algorithmik in der Grundschule. Zukunft braucht Herkunft–25 Jahre» INFOS–Informatik und Schule </, 2009.
- [Wi06] Wing, J. M.: Computational thinking. Communications of the ACM 49/3, S. 33–35, 2006.

Einführung des Pflichtfachs Informatik – ein Erfahrungsbericht

Tino Hempel,¹ Lutz Hellmig²

Abstract: Mecklenburg-Vorpommern ist eines von wenigen Bundesländern, das eine durchgehende und verpflichtende informatische Bildung in allen Schulformen von der Jahrgangsstufe 5 bis 10 durch das eigenständige Unterrichtsfach „Informatik und Medienbildung“ realisiert. In diesem Artikel berichten die Autoren über die bisherige Entwicklung, einschließlich der Reaktionen auf aufgetretene Probleme. Dabei werden insbesondere Maßnahmen zur Mitnahme und Unterstützung der Lehrkräfte, die das Fach unterrichten (müssen), beleuchtet.

Keywords: Pflichtfach, Rahmenplan, Informatikunterricht, Fortbildung, Unterstützungssystem

1 Tradition der informatischen Bildung in Mecklenburg-Vorpommern

Die Neugründung des Landes Mecklenburg-Vorpommern 1990 erforderte den Wechsel vom bisherigen sozialistischen Schulsystem der polytechnischen Oberschule zu einem KMK-konformen Schulwesen. Der Kultusminister berief dazu im Herbst 1990 Lehrplanausschüsse, unter anderem einen für Informatik. Das „Gesamtkonzept für informationstechnische Bildung“ der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung von 1987 war dafür Grundlage und Legitimation. Dem Ausschuss gehörten Lehrkräfte, Didaktiker und Informatiker an, so auch Dr. Gabriele Lehmann und Prof. Dr. Norbert Breier. Ohne ihr frühzeitiges und langjähriges Engagement für die informatische Bildung in Mecklenburg-Vorpommern wäre ein Pflichtfach nicht Realität geworden.

Mit dem Ersten Schulreformgesetz 1991 trat die „Vorläufige Rahmenrichtlinie Informatik Klassenstufe 7 bis 12 für Hauptschule, Realschule und Gymnasium“ [MV91] mit den in Tabelle 1 aufgeführten Regelungen in Kraft (siehe auch [Le94]).

Das Fach Technik wurde ausschließlich an Haupt- und Realschulen realisiert und i. d. R. von Polytechniklehrkräften unterrichtet. Diese waren teilweise in die 1988 begonnene Einführung des Fachs Informatik an den polytechnischen und erweiterten Oberschulen der DDR involviert [Ke06]. 1994 erfolgte eine Umbenennung in „Arbeit-Wirtschaft-Technik“. Da das Fach Elemente informatischer Bildung inkludierte, erfolgten weitere

¹ Richard-Wossidlo-Gymnasium Ribnitz-Damgarten, Schulstraße 15, 18311 Ribnitz-Damgarten, Deutschland
t.hempel@wossidlogymnasium.de

² Universität Rostock, Institut für Informatik, A.-Einstein-Str. 22, 18051 Rostock, Deutschland lutz.hellmig@uni-rostock.de

Jahrgang	Schulart	Angebot	Umfang (W-Std.)
7	HS/RS	verpflichtend integrativ im Fach „Technik“	1
8	HS/RS	integrativ (z. B. in Deutsch oder Sozialkunde)	1 bzw. Projektwoche
9 oder 10	HS/RS	WP-Bereich	2
9 oder 10	Gy	verpflichtend im WP-Bereich	2

Tab. 1: Informatik an Haupt- und Realschulen (HS/RS) und am Gymnasium (Gy) ab 1991/1992

Namensänderungen; letztlich in „Arbeit-Wirtschaft-Technik und Informatik“, kurz „AWT und Informatik“.

Die 1996 durch das Schulgesetz [MV96b] forcierte Zusammenlegung der Haupt- und Realschule zur Regionalen Schule und Änderungen in der Stundentafelverordnung 1996 [MV96a] führten einerseits zur Einführung der verpflichtenden informatischen Bildung in den Jahrgängen 5 und 6 sowie andererseits zur Verlagerung der informatischen Bildung ab der Jahrgangsstufe 7 in den Wahlpflichtbereich mit minimaler Belegungsverpflichtung [MV98]. Eine genaue Aufteilung des Stundenpools zwischen AWT und Informatik wurde in der Stundentafelverordnung nicht geregelt. So entschied jede Schule in Abhängigkeit von technischen und personellen Ressourcen über die Realisierung informatischer Bildung.

In den Jahren 2001 und 2002 traten je ein neuer Rahmenplan für Informatik und für AWT in Kraft. Die Änderung der Stundentafelverordnung 2002 [MV02] legte zeitliche Anteile für beide Bereiche des Fachs „AWT und Informatik“ fest (Tabelle 2), das grundsätzlich mit zwei Wochenstunden unterrichtet wurde. Eine Ausnahme bildeten das Gymnasium und die integrierte Gesamtschule, in denen in Jahrgang 7 nur eine Wochenstunde erteilt wurde.

Jahrgang	Verbindlicher Unterricht	Umfang
5/6	Werken	50 %
	Informatische Grundbildung	50 %
7 bis 10	Arbeit-Wirtschaft-Technik	75 %
	Informatische Grundbildung	25 %
9/10	ein Wahlpflichtkurs Informatik (Gymnasium)	2 oder 3 W-Std.

Tab. 2: Werken/Arbeit-Wirtschaft-Technik und Informatik ab 2002

Die Realisierung einer durchgängigen verpflichtenden informatischen Bildung war mit besonderen Herausforderungen verbunden.

1. „AWT und Informatik“ wurde in den Schulen oft von zwei verschiedenen Lehrkräften nach zwei eigenständigen Rahmenplänen mit getrennten Unterrichtsmitteln und getrennter Notengebung unterrichtet, jedoch in einer Zeugnisnote vereint.
2. Die Schulen benötigten Informatiklehrkräfte, die die Vorgaben des neuen Rahmenplans umsetzen konnten.

3. Die Umsetzung der 25-Prozent-Regel bei Einstündigkeit in der Jahrgangsstufe 7 am Gymnasium und der integrierten Gesamtschule ergab nur circa 8 Unterrichtsstunden im Schuljahr. Eine Einsatzplanung hierfür war schwer zu realisieren.

Die Lösung für das zweite Problem war pragmatisch: Das Land Mecklenburg-Vorpommern befand sich in der Phase des Lehrerüberschusses. Um eine Kündigungswelle zu verhindern, wurde das Lehrpersonalkonzept entwickelt, das allen Lehrkräften den Erhalt ihres Arbeitsplatzes durch Reduzierung des Stundenumfangs auf 66 % garantierte. Da Lehrkräfte mit Ausbildung für Bedarfsfächer eine höhere Stundenzuweisung erhielten, bestand eine hohe Motivation zur Teilnahme an postgradualen Studiengängen für das Fach Informatik, die von den Universitäten Rostock und Greifswald angeboten wurden. Der erfolgreiche Abschluss nach dem ersten Jahr erbrachte mit dem Beifach Informatik die Unterrichtserlaubnis bis zur Jahrgangsstufe 10. Je nach Schulart konnte man sich nach dem zweiten beziehungsweise dritten Jahr auch der Ersten Staatsprüfung stellen. Das Land unterstützte die Qualifikation zeitweise mit Anrechnungsstunden. So erwarben knapp 650 Lehrkräfte eine Erlaubnis zum Unterrichten des Fachs Informatik. Statistisch gesehen verfügte damit jede weiterführende Schule über zwei Informatiklehrkräfte.

Im Jahr 2009 änderte sich die Situation mit einer Schulgesetzänderung und der Kontingentstundentafelverordnung [MV09] radikal. Die Festlegung der Wochenstunden erfolgte nicht mehr jahrgangsweise oder fachspezifisch. Die Aussagen zur Aufteilung der Stunden zwischen AWT und Informatik ab Jahrgangsstufe 7 entfielen. Mit der Kontingentierung verfolgte das Bildungsministerium die Absicht, den Schulen mehr Eigenständigkeit zu ermöglichen. Als Folge ergab sich eine stark heterogene Schullandschaft. Einige Schulen setzten informatische Bildung jahrgangsweise aus oder strichen diese ganz; andere bauten sie zu einem mehrstündigen Pflichtfach aus.

2 Modellvorhaben „Integrierte Berufsbildung“

Eine Arbeitsgruppe des breit aufgestellten „Bündnisses für Arbeit und Wettbewerbsfähigkeit“ erarbeitete ab 2011 ein nachhaltiges Konzept zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Übergang von der Schule in den Beruf. Dies war insofern für den Weg zum Pflichtfach relevant, als dass „AWT und Informatik“ gemäß Schulgesetz die Zusammenarbeit zwischen Schule und Arbeits-/Berufswelt zu fördern hatte.

Am 26. Mai 2014 wurde das Landeskonzzept öffentlich vorgestellt. Darin hieß es: „Damit das Fach ‚Arbeit-Wirtschaft-Technik und Informatik‘ stärker als bisher dieser Herausforderung gerecht werden kann, soll dieses in Abstimmung mit den Lehrkräften umgestaltet werden [...] Arbeit-Wirtschaft-Technik soll in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 mit zwei Wochenstunden unterrichtet und getrennt davon das Fach Informatik in der Stundentafel als eigenständiges Fach mit einer Wochenstunde erteilt werden. Der Rahmenplan und die Stundentafelverordnung sind dementsprechend an die Veränderungen und neuen Aufgaben anzupassen.“ [MV14]

Der damalige Minister für Bildung, Matthias Brodkorb, griff den Vorschlag auf und erklärte am 7. Juli 2014 im Landtag: „Das Fachkräftebündnis ‚Bündnis für Arbeit‘ hat [...] den Vorschlag unterbreitet, [...] ein reguläres Unterrichtsfach Informatik einzuführen. [...] Wir haben im 21. Jahrhundert in diesem Lande kein originäres Unterrichtsfach Informatik, sondern es ist zusammen mit dem Fach Arbeit-Wirtschaft-Technik. Je nachdem, welche Möglichkeiten in den Schulen bestehen, wird das sehr unterschiedlich gehandhabt. Wenn ich von Informatik spreche, meine ich Informatik. Ich meine nicht Weiterbildungskurse zu Fragen, wie man PowerPoint bedient oder wie man mit Excel umgeht. Das ist nicht Informatik, das ist Medienkompetenz.“ ([Br14], siehe auch unter <https://youtu.be/2xNu1eAs1-o?t=1696>)

Das Bildungsministerium entschied sich für eine Doppelstrategie: Einführung des Fachs „Informatik und Medienkunde“ und die Fortsetzung der im Rahmenplan Medienerziehung 2004 begonnenen Integration der Medienbildung in alle Fächer. In der Neufassung der Kooperationsvereinbarung im April 2015 fand sich daher: „Darüber hinaus prüft das Land die Einführung eines eigenständigen Unterrichtsfaches Informatik und Medienkunde unter Einbeziehung der Ergebnisse des Schulversuches ‚Auf dem Weg zur Medienschule‘ sowie einer fachübergreifenden Medienpädagogik in den Lehrplänen.“ [MV15] Die KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ und die Dagstuhl-Erklärung „Bildung in der digitalen vernetzten Welt“ der Gesellschaft für Informatik bestätigte diesen Weg. Der im Jahr 2018 publizierte Rahmenplan „Digitale Kompetenzen“ [MV18] sprach bereits vom Leitfach „Informatik und Medienbildung“.

Auf der Konferenz „Integrierte Berufsorientierung“ im Juni 2015 präsentierte der Bildungsminister erste Ideen, gab die Stundentafel zur Diskussion frei und stellte eine grundlegende Überarbeitung aller Rahmenpläne in Aussicht, auch um fächerübergreifende Themen wie Berufsorientierung und Medienbildung zu integrieren. Ein Workshop beschäftigte sich mit Struktur, Zielen und Inhalten eines Faches „Informatik und Medienkunde“. Die Impulsreferate hielten eine Vertreterin des Medienpädagogischen Zentrums sowie die Autoren des Artikels, die ab diesem Zeitpunkt aktiv in die Entwicklung eingebunden waren.

Im September 2016 wurde in Mecklenburg-Vorpommern ein neuer Landtag gewählt. Der Punkt 216 der Koalitionsvereinbarung zwischen SPD und CDU enthielt einen klaren politischen Auftrag: „Künftig soll unter Einbeziehung fächerübergreifender Ansätze ab Jahrgangsstufe 7 das eigenständige Fach ‚Informatik und Medienbildung‘ auf der Grundlage eines zeitgemäßen Rahmenplanes angeboten werden. [...]“ [MV16]

Mit Beginn des Schuljahres 2016/17 startete das dreijährige Modellvorhaben „Integrierte Berufsbildung“ mit 21 Modellschulen. Diese erhielten Anrechnungsstunden für die beteiligten Lehrkräfte zur Mitarbeit in den Arbeitsgruppen. Vier AGs entwickelten Konzepte zu Fragen der Berufsorientierung sowie zur Entwicklung des Faches AWT. Die fünfte Gruppe mit Lehrkräften aus 13 Schulen diskutierte Aspekte rund um ein Fach „Informatik und Medienbildung“. Parallel dazu begann die Arbeit der Rahmenplankommission, die aus drei Informatiklehrkräften verschiedener Schularten bestand und von der Didaktik der Infor-

matik der Universität Rostock begleitet wurde. Die Rahmenplankommission entwickelte ohne größere administrative Einschränkungen im ersten Jahr schrittweise ein curriculares Konzeptpapier, beriet es in der AG mit den Modellschulen und veröffentlichte es letztlich für alle Schulen.

3 Entwicklungen und Erkenntnisse während des Modellvorhabens

Orientierungsstufe 5 und 6 Der Rahmenplan „Informatische Grundbildung“ für die Jahrgangsstufen 5 und 6 aus dem Jahr 2001 passte weder strukturell noch inhaltlich zu den Überlegungen für ein spiralförmiges Curriculum.

Das Bildungsministerium erweiterte den Auftrag zur Rahmenplanarbeit auf die Jahrgänge 5 und 6. Damit entschied es auch über die Einstündigkeit in den beiden Jahrgangsstufen. Die Umstrukturierung der Qualifikationsphase zum Schuljahr 2019/20 machte zudem eine Überarbeitung des Rahmenplans Informatik für die gymnasiale Oberstufe erforderlich, sodass die Entwicklung eines Gesamtkonzepts 5 bis 12 auf Basis der Bildungsstandards Informatik der GI ermöglicht wurde.

Erprobungsdauer und Evaluation Eine systematische Erprobung und Evaluation des curricularen Konzeptpapiers war innerhalb der zwei Schuljahre nicht möglich.

Der erste Lösungsansatz, im ersten Jahr in den ungeraden Jahrgängen und im zweiten Jahr zusätzlich in den geraden Jahrgängen zu erproben, erwies sich wegen der zu unterschiedlichen Voraussetzungen in den Schulen als ungünstig. Daher erfolgte die Erprobung themenorientiert. Nicht alle Modellschulen beteiligten sich aktiv, dafür unterstützten interessierte Lehrkräfte anderer Schulen die Rahmenplankommission durch unmittelbares Feedback, sodass letztlich zu allen Themen des curricularen Konzeptpapiers Erfahrungswerte vorlagen.

Rahmenbedingungen Die organisatorisch-technischen Rahmenbedingungen (Anzahl der Computerräume, Einzel- oder paarweise Arbeit am Rechner, Hard- und Softwareausstattung) an den Modellschulen waren sehr unterschiedlich.

Eine durch die Rahmenplankommission erarbeitete Empfehlung ging an die Modellschulen und wurde zusätzlich in einer Handreichung zur Erstellung eines Medienbildungskonzepts allen Schulen übergeben. Das Bildungsministerium stellte den Modellschulen 10.000 Euro für den Informatikunterricht zur Verfügung. Damit konnten diese und die Schulträger die Rahmenbedingungen frühzeitig im Kontext des Digitalpakts für Schulen berücksichtigen.

Lehrwerke Vorhandene Unterrichts- und Lehrwerke genügten nur punktuell den Anforderungen des curricularen Konzeptpapiers.

Gespräche mit Lehrbuchverlagen offenbarten, dass explizite Lehrwerke für das Bundesland aufgrund der geringen Stückzahlen nicht zu erwarten sind.

Fachlichkeit Die fachliche Expertise der Lehrkräfte war sehr unterschiedlich. Sie reichte vom unerfahrenen, nicht informatisch ausgebildeten Seiteneinsteiger über Autodidakten bis hin zum unterrichtserfahrenen Fachkollegen mit abgeschlossener zweiter Staatsprüfung im Fach Informatik. Entsprechend kritisch äußerten sich die Modellschulen zu einzelnen Themen, insbesondere wenn zu diesen keine Vorkenntnisse vorhanden waren.

Kurzfristig erfolgten Fortbildungen zu den Themen des curricularen Konzeptpapiers von Lehrkräften für Lehrkräfte. Neben Veranstaltungen direkt an den Modellschulen engagierte sich die GI-Fachgruppe „Informatische Bildung in Mecklenburg-Vorpommern“ in Kooperation mit der Universität Rostock. Die Veranstaltungen reflektierten die Inhalte des curricularen Konzeptpapiers, sodass alle Anwesenden frühzeitig Einblick in Struktur und Inhalte eines möglichen Rahmenplans erhielten. Als zweite Maßnahme wurde ein Unterstützungssystem installiert (siehe <https://t1p.de/0itp>). Dieses enthält zu jedem Thema des Rahmenplans fachliche, didaktische und methodische Anregungen.

4 Rahmenplanentwicklung

Die Frage sollte eigentlich nicht (vorrangig) lauten: „Wie soll das Curriculum aussehen?“, sondern: „Was geschieht mit dem Curriculum?“ [SI03]

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Modellversuch wurde der Rahmenplan ab Herbst 2018 entwickelt. Die Kommission maß der Entlastung und Unterstützung besonders der fachfremd unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer von generellen didaktischen Entscheidungen große Bedeutung bei. Die Entlastung im Großen durch die Angabe verbindlicher Ziele und Inhalte sowie eines ungefähren Zeitrahmens soll Freiräume im Kleinen für die kreative und wirksame Unterrichtsplanung schaffen. Unverbindliche Hinweise zur Unterrichtsdurchführung geben Impulse für mögliche Schwerpunktsetzungen (Abbildung 1). Darstellungen fachlicher Grundlagen unterstützen die Entwicklung korrekter und geeigneter Begriffsvorstellungen. Die E-I-S-Darstellungsebenen [BOG71] sowie die Prinzipien des Konstruktivismus [Pa80] und des entdeckenden und gestaltenden Lernens im Informatikunterricht [HH15] sind Leit motive des Plans. Zur Gewährung der Durchlässigkeit zwischen den Bildungsgängen sind die Pläne für die Jahrgangsstufen 5 bis 9 in allen Schularten weitgehend identisch.

Die Spiralförmigkeit des Rahmenplans zeigt sich zum einen in der Wiederkehr bestimmter, an Kontexte gebundener Themenfelder in verschiedenen Jahrgängen, zum anderen werden *Integrative Arbeitsbereiche* (z. B. „Informatiksysteme zweckmäßig und effizient nutzen“ – einschließlich der Beachtung der Grenzen der Arbeit mit Informatiksystemen, „Meilensteine der Informatik entdecken“ oder „Informatik, Mensch und Gesellschaft“) situativ und individuell zu diversen Anlässen in allen Jahrgängen thematisiert. Durch den integrativen Bereich „Medien nutzen und gestalten“ findet die Medienbildung angemessen Berücksichtigung.

Verbindliche Ziele und Inhalte	Hinweise und Anregungen
Verschlüsselung verstehen - klassische Verfahren der symmetrischen Verschlüsselung anschaulich erläutern - kurze Nachrichten verschlüsselt austauschen	Verschlüsselung ist eine Codierung, bei der die Decodierung für Außenstehende nicht möglich sein soll. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben klassische Verfahren unter Verwendung der Begriffe Klartext- und Geheimentextalphabet, Klartext und Geheimtext, Schlüssel, Verschlüsseln und Entschlüsseln. Sie erkennen, dass durch Verschlüsselung eine vertrauliche Kommunikation ermöglicht wird. Die Schülerinnen und Schüler argumentieren zur Sicherheit der Verfahren.

Abb. 1: Ausschnitt aus dem Rahmenplan (Thema: Sicher kommunizieren, Jahrgangsstufe 7)

5 Einführung des Pflichtfachs

Der Rahmenplan durchlief ab März 2019 das Anhörungs- und Genehmigungsverfahren. Im Juli 2019 erhielten alle Schulen – nach einer ersten Information im Januar – ein Schreiben zu den Ergebnissen des Modellvorhabens „Integrierte Berufsbildung“. Dieses enthielt Informationen zur gleichzeitigen Einführung als Pflichtfach zum Schuljahr 2019/20 in allen Jahrgängen, zum Rahmenplan einschließlich Übergangsempfehlungen für zwei Schuljahre, zu zeitnahen Fortbildungsangeboten sowie Verweise auf das Unterstützungssystem des Fachs, auf die 2018 publizierten organisatorisch-technischen Rahmenbedingungen und auf die spätestens 2020/21 erforderliche Anschaffung einer Hardwarekomponente.

Zum Schuljahresbeginn 2019/20 traten die Rahmenpläne [MV19a] und die Änderung der Kontingentstundentafelverordnung [MV19b] in Kraft. Im Dezember 2019 verabschiedete der Landtag Änderungen am Schulgesetz. AWT wurde dem gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeld zugeordnet. Das ehemalige Stundendeputat der beiden Fächer wurde gleichwertig geteilt. Um jeweils auf Einstündigkeit zu kommen, wurde eine Stunde aus dem Wahlpflichtbereich entnommen. Das Aufgabengebiet Medienbildung wird als Bestandteil mehrerer Fächer und Lernbereiche festgelegt und soll darin „angemessene Berücksichtigung finden“ [MV19c]. Für das Fach „Informatik und Medienbildung“ folgt daraus:

- Zuordnung zum naturwissenschaftlichen Aufgabenfeld
- Pflichtfach mit mindestens je einer Wochenstunde in den Jahrgangsstufe 5 bis 10 der Regionalen Schulen, Gesamtschulen, Gymnasien und Förderschulen mit dem Schwerpunkt Lernen

Medienberichte informierten die Öffentlichkeit über die Einführung des Pflichtfachs. Das Bildungsministerium widmete einen Teil des Schulmagazins „Klasse!“ dem Fach „Informatik und Medienbildung“ (siehe <https://www.lehrer-in-mv.de/klasse/reportage->

digitales-handwerkszeug/). Auf dem Schulkongress im Herbst 2019 wurde das Modellvorhaben „Integrierte Berufsbildung“ offiziell beendet und der verbindliche Informatikunterricht verstetigt.

Drei Problemfelder, die sich bereits im Modellschulvorhaben zeigten, wurden insbesondere durch die Schulleiterinnen und -leiter zu Beginn des Schuljahres 2019/20 benannt:

- Mangel an Lehrkräften für das Fach
- Bedarf an Unterstützung und Fortbildung
- Anspruch und Fülle der Vorgaben des Rahmenplans

Der Lehrkräftemangel ist ein bundesweites Problem. Als kurzfristiger Lösungsansatz realisiert das Land Mecklenburg-Vorpommern die Einstellung von Seiteneinsteigern. Aus Sicht der Autoren fehlt es aktuell jedoch an einer sowohl fachlichen als auch methodisch-didaktischen Qualifikation dieser Unterrichtenden. Möglichkeiten eines postgradualen Studiums bestehen derzeit nicht, zumal die damalige Motivation der Lehrkräfte nicht mehr vorhanden ist. Heutzutage müssten andere Anreize geschaffen werden.

Die Kritik an Anspruch und Fülle hat mehrere Aspekte. Jede Lehrkraft muss alle Themen des Rahmenplans für sich selbst und für die Lernenden neu erschließen. Der Plan unterscheidet sich strukturell und inhaltlich stark von den Vorläufern. Die Unterrichtsvorbereitungen lassen sich nicht „mal eben so“ umstrukturieren. Aus Mangel an Lehrbüchern kann auch nicht auf vorkonfektioniertes Material zurückgegriffen werden. Wie bereits im Modellvorhaben festgestellt, ist die starke Heterogenität der Fachlichkeit ein weiteres Problem. Aus Sicht der Autoren kann dies nur durch permanente aktive Unterstützung und Fortbildungen nachhaltig gelöst werden. Daher wurde die Einführung des Fachs mit Fortbildung begleitet. Die Zahl der Teilnehmenden der Herbstlichen Informatiklehrerfortbildung HILF! 2019 stieg von 100 auf 250 und stabilisierte sich auf den nachfolgenden Veranstaltungen auf diesem hohen Niveau. Diese Zahl muss man in Relation zu den circa 260 Schulen setzen, die die Einführung des Pflichtfachs zu realisieren haben. Die GI-Fachgruppe initiierte eine bedarfsorientierte Online-Fortbildungsreihe zu fachlich-methodischen Aspekten aller Rahmenplanthemen. Zwischen Dezember 2020 und Mai 2021 sind auf deren Webseite <https://www.gi-ibmv.de/> über 950 Bedarfsmeldungen eingegangen, knapp 600 davon konnten in 22 Veranstaltungen befriedigt werden. Parallel dazu wird das Unterstützungssystem mit Vorschlägen zur Realisierung der Unterrichtseinheit, Materialien für die Hand der Lernenden, Anregungen für den enaktiv-haptischen Unterricht und Links auf Fortbildungsunterlagen und Sammlungen ausgebaut. Die Lehrkräfte entdecken dieses Angebot zunehmend für sich und nutzen es aktiv für ihren Unterricht, da es sowohl erfahrene wie unerfahrene Unterrichtende anspricht.

6 Fazit und Ausblick

Mit Beginn des Schuljahres 2021/22 sind die Einführung des Pflichtfachs „Informatik und Medienbildung“ und der Übergang zum neuen Rahmenplan formal abgeschlossen. Dass Medienbildung eine Aufgabe aller Fächer ist und das fundamentbildende Leitfach Informatik benötigt, kann allgemein nachvollzogen werden und scheint förderlich für die Akzeptanz der Einführung des Fachs zu sein. Die Orientierung des Rahmenplans an den Bildungsstandards Informatik bietet die Grundlage für die phänomenologischen Betrachtungen der Medienbildung. Durch die Formulierung integrativer Arbeitsbereiche im Rahmenplan, die Teile der Medienbildung allgemeingültig repräsentieren, ist Medienbildung dauerhaft präsent und kann bedarfs- und zielgruppenorientiert unterrichtet werden.

Der Einsatz von fachfremden Lehrpersonen wird auch mittelfristig gängige Praxis bleiben. Dies macht den Ausbau des Unterstützungssystems, ein kontinuierliches Angebot an Fort- und Weiterbildungen und die Einrichtung von ortsnahen Fachberatern notwendig. Ein Wunsch nach Mehrstündigkeit oder Erweiterung auf den Primarbereich ist zweifelsfrei reizvoll, aber aus Sicht der Autoren personell nicht zu leisten und politisch nicht durchsetzbar. Nach der Einführung des Fachs hat seine Stabilisierung und Konsolidierung Priorität. Dazu sollte eine allumfassende Evaluation des Pflichtfachs zur Qualitätssicherung gehören.

Literatur

- [BOG71] Bruner, J. S.; Olver, R. S.; Greenfield, P. M.: Studien zur kognitiven Entwicklung. Kohlhammer, Stuttgart, 1971.
- [Br14] Brodtkorb, M.: Medienkompetenz ausbauen – E-Learning in Schulen fördern, hrsg. von Landtag Mecklenburg-Vorpommern, 4. Juli 2014, URL: http://www.dokumentation.landtag-mv.de/parldok/dokument/34919/plenarprotokoll_6_73.pdf, Stand: 01.07.2021.
- [HH15] Hellmig, L.; Hempel, T.: Benutzen – Analysieren – Gestalten – Verankern als didaktische Schrittfolge im Informatikunterricht. In (Gallenbacher, J., Hrsg.): Informatik allgemeinbildend begreifen, 16. GI-Fachtagung Informatik und Schule INFOS 2015, Darmstadt. Bd. P-249. LNI, GI, S. 145–154, 2015.
- [Ke06] Kerner, I. O.: Vorbereitung des Informatik-Unterrichts an den Schulen der DDR. In (Naumann, F.; Schade, G., Hrsg.): Informatik in der DDR – eine Bilanz. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 422–431, 2006.
- [Le94] Lehmann, G.: Informatische Grundbildung in Mecklenburg-Vorpommern. LOG IN 2/94, S. 53, 1994.
- [MV02] Bildungsministerium MV: Verordnung über die Stundentafeln an den allgemein bildenden Schulen. In: GVOBl. M-V. S. 696, 2002.
- [MV09] Bildungsministerium MV: Verordnung über die Kontingentstundentafeln an den allgemein bildenden Schulen. In: Mittl.bl. BM M-V. S. 1, 2009.

- [MV14] Bündnis für Arbeit und Wettbewerbsfähigkeit Mecklenburg-Vorpommern: Landeskonzept für den Übergang von der Schule in den Beruf, 2014, URL: <https://www.arbeitsagentur.de/vor-ort/rd-n/download/1533722612527.pdf>, Stand: 01.07.2021.
- [MV15] Land Mecklenburg-Vorpommern: Kooperationsvereinbarung zur Förderung der Medienkompetenz in Mecklenburg-Vorpommern, 2015, URL: <https://medienkompetenz-in-mv.de/medienkompetenz/kooperationsvereinbarung-m-v.html>, Stand: 01.07.2021.
- [MV16] SPD, CDU: Koalitionsvereinbarung 2016 - 2021, 24. Okt. 2016, URL: https://ez-der-laender.de/sites/default/files/bundeslaender/MV_Koalitionsvereinbarung-2016-2021-Endfassung-final.pdf, Stand: 01.07.2021.
- [MV18] Bildungsministerium MV: Rahmenplan Digitale Kompetenzen, 2018, URL: <https://www.bildung-mv.de/lehrer/medienbildung/rahmenplan-digitale-kompetenzen/>, Stand: 01.07.2021.
- [MV19a] Bildungsministerium MV: Rahmenplan für die Sekundarstufe I Informatik und Medienbildung, 2019, URL: <https://www.bildung-mv.de/lehrer/schule-und-unterricht/faecher-und-rahmenplaene/rahmenplaene-allgemeinbildenden-schulen/informatik/index.html>, Stand: 01.07.2021.
- [MV19b] Bildungsministerium MV: Verordnung über die Kontingentstundentafeln an den allgemein bildenden Schulen, 2019, URL: http://service.mvnet.de/_php/download.php?datei_id=8906, Stand: 01.07.2021.
- [MV19c] Land Mecklenburg-Vorpommern: Schulgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern, 2019, URL: <https://www.bildung-mv.de/aktuell/2019/schulgesetz-2019/>, Stand: 01.07.2021.
- [MV91] Der Kultusminister des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Vorläufige Rahmenrichtlinien Informatik Klassenstufen 7-12. 1991.
- [MV96a] Kultusministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Verordnung über die Stundentafeln an den allgemein bildenden Schulen. In: Mittl.bl. KM M-V. S. 204, 450, 499, 586, 1996.
- [MV96b] Land Mecklenburg-Vorpommern: Schulgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern. 1996.
- [MV98] Kultusministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Rahmenplan Informatische Bildung Jahrgangsstufen 5-10. 1998.
- [Pa80] Papert, S.: Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas. Basic books, New York, 1980.
- [SI03] Sloane, P.: Schulnahe Curriculumentwicklung. Berufs- und Wirtschaftspädagogik Online/4, 2003, URL: http://www.bwpat.de/ausgabe4/sloane_bwpat4.shtml, Stand: 10.02.2021.

Formale Aspekte endlicher Automaten entdecken

Katharina Wendlandt¹, Matthias Wendlandt²

Abstract: Automatentheorie, bzw. formale Sprachen, sind ein fester Bestandteil der meisten Curricula für das Unterrichtsfach Informatik in der Oberstufe. Insbesondere die regulären Sprachen zeichnen sich durch ihre außergewöhnlichen formalen Eigenschaften aus und machen damit endliche Automaten zu einem häufig genutzten Werkzeug in vielen Bereichen auch außerhalb der Informatik. Für die Vermittlung der grundlegenden Arbeitsweise endlicher Automaten, bzw. Mealy- und Moore-Automaten, gibt es bereits zahlreiche, anschauliche Unterrichtskonzepte. Doch insbesondere die formalen Eigenschaften der Automaten (wie beispielsweise Minimierung) begründen den Erfolg und das breite Anwendungsspektrum endlicher Automaten. In der Schule werden die formalen Eigenschaften jedoch häufig ausschließlich abstrakt oder gar nicht behandelt. In unserem Beitrag möchten wir einen Weg zeigen, wie diese Eigenschaft selbstständig und entdeckend von den Schüler*innen erarbeitet werden können.

Keywords: Minimierung, endliche Automaten, entdecken

1 Einleitung

Formale Sprachen werden in der Schule in der Regel exemplarisch durch reguläre Sprachen thematisiert. Auch wenn die regulären Sprachen ein formales Konzept sind, spielen sie in vielen praktischen Bereichen eine wichtige Rolle. So werden sie beispielsweise bei der Textsuche, der Definition von Wertebereichen für Formulare, Konsolenbefehlen und in der lexikalischen Analyse verwendet. Die Bedeutung der Sprachfamilie der regulären Sprachen für die Praxis liegt in deren Abschlusseigenschaften bezüglich sämtlicher Operationen. Für reguläre Sprachen sind sowohl Leere als auch die Universalität und insbesondere das Äquivalenzproblem entscheidbar. Es ist keine andere Sprachfamilie mit ähnlichen, für die Praxis wünschenswerten Eigenschaften bekannt (vgl.[Sc92], Abschnitt 1.5). Die regulären Sprachen lassen sich durch drei formale Beschreibungssysteme charakterisieren: durch endliche Automaten, durch reguläre Grammatiken und durch reguläre Ausdrücke. Diese drei Formalismen sind äquivalent bezüglich ihrer Beschreibungsmächtigkeit. Während Grammatiken und Ausdrücke rein beschreibend sind, arbeiten endliche Automaten auswertend und sind deswegen von besonderer praktischer Bedeutung. Darüber hinaus können endliche Automaten minimiert werden (siehe [Sc92]). Diese herausragende Eigenschaft endlicher Automaten ermöglicht es, den Äquivalenztest und damit auch die Validierung auf eine sehr

¹ Justus-Liebig-Universität Gießen, II. Physikalisches Institut, Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Gießen, Deutschland, katharina.wendlandt@exp2.physik.uni-giessen.de

² Justus-Liebig-Universität, Institut für Informatik, Arndtstr. 2, 35392 Gießen, Deutschland, matthias.wendlandt@informatik.uni-giessen.de

einfache und schnelle Art und Weise durchzuführen. Auch wenn andere Automatenmodelle wie Kellerautomaten, linearbeschränkte Automaten oder sogar Turingmaschinen viel ausdrucksmächtiger sind, so ist die Minimierung für alle diese Modelle nicht möglich (siehe [HMU11]).

Im Schulunterricht werden sowohl die Minimierung als auch andere formale Eigenschaften endlicher Automaten fast ausschließlich nur am Rande thematisiert. Die Thematik der Minimierung beschränkt sich dabei häufig nur auf die Betrachtung des Minimierungsalgorithmus' endlicher Automaten (oder auch Mealy- und Moore-Automaten). Die Idee, die dem Algorithmus zugrunde liegt, ist die Bildung von Äquivalenzklassen aus der Zustandsmenge. Aus den einzelnen Arbeitsschritten ist diese Idee jedoch nicht direkt ersichtlich. Insbesondere Schüler*innen können den Algorithmus blind anwenden, ohne die Prinzipien, die im Hintergrund wirken, zu verstehen. Das erklärte Ziel der Schule und insbesondere des Informatikunterrichts ist es jedoch nicht, die Schüler*innen zu Anwender*innen zu erziehen. Vielmehr sollen sie allgemeine Prinzipien aus konkreten Sachverhalten extrahieren und dadurch verstehen können. Sie sollen lernen, Ideen und Prinzipien zu kombinieren, um dadurch Lösungsvorschläge für neue Probleme entwickeln zu können (vgl. [Sc93]).

Im Folgenden zeigen wir eine Methode auf, die diese sehr abstrakte Idee des Minimierens auf eine entdeckende Art und Weise vermittelt. Sie ermöglicht es den Schüler*innen, hinter die Idee der Minimierung zu blicken und ermöglicht dadurch ein tiefes Verständnis dieses Lernbereichs, das auch den Transfer der Prinzipien auf neue Probleme zulässt. Ansätze zum Einsatz von entdeckendem und forschendem Lernen im Informatikunterricht wurden bereits in [RAH05] und den LOG IN Beiträgen [Di11] und [LW11] anhand von Themen der praktischen Informatik beschrieben. Der Ansatz, den wir gewählt haben, beruht vor allem auf dem Aufstellen von subjektiven Modellen (Theorien, Vermutungen). Näheres zu diesem Ansatz kann in [Pe99] nachgelesen werden.

2 Minimierung endlicher Automaten

Für die Minimierung endlicher Automaten gibt es im Wesentlichen zwei verschiedene Techniken: Die erste Technik beruht auf einem Algorithmus des theoretischen Informatikers John Brzozowski [Br62]. Zu einem gegebenen, endlichen Automaten A wird, unter Verwendung der üblichen Technik [HMU11], ein endlicher Automat A' konstruiert, der die gespiegelte Sprache $L(A)^R$ erkennt. Diese Technik führt dazu, dass der Automat A' automatisch auch minimal ist. Konstruiert man nun auf dieselbe Art und Weise erneut einen Automaten, der die gespiegelte Sprache von A' erkennt, erhält man einen minimalen Automaten, der die Sprache $(L(A)^R)^R = L(A)$ erkennt. Diese Technik des Minimierens endlicher Automaten ist auf den ersten Blick sehr verwunderlich und die notwendige Idee ist auf den ersten Blick nicht intuitiv erkennbar. Für den Schulunterricht ist diese Technik somit nicht zu empfehlen, da ein tiefer gehendes Verständnis und viel Hintergrundwissen benötigt wird. Als für die Schule geeigneter stellt sich die zweite Technik heraus, die auf

der Bildung von Äquivalenzklassen bezüglich der Nerode-Relation beruht. Häufig werden Äquivalenzklassen sehr formal eingeführt und darüber auch die Minimierung sehr stark formalisiert. Doch die Idee, die hinter der Minimierung steckt, ist sehr intuitiv.

Zunächst betrachten wir den Äquivalenzbegriff näher: Formal ausgedrückt sind zwei Zustände p und q eines Automaten $A = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ äquivalent bezüglich der Nerode-Relation, in Zeichen $p \sim q$, wenn gilt $\forall w \in \Sigma^*: \delta(p, w) \in F \Leftrightarrow \delta(q, w) \in F$. Zwei Zustände sind also genau dann äquivalent, wenn aus ihnen die gleichen Zeichenketten erkannt werden können. So sind im folgenden Beispiel (Abbildung 1) die Zustände q_7 und q_8 äquivalent, weil aus beiden einzig eine runde schließende Klammer erkannt wird. Ebenfalls sind die Zustände q_5 und q_6 äquivalent, da aus beiden einzig das leere Word (beide sind Endzustände) erkannt wird und zusätzlich eine öffnende und eine schließende Klammer. Die Zustände q_3 und q_4 sind allerdings nicht äquivalent, da aus q_3 die Zeichenketten f und $f()$ erkannt werden und aus Zustand q_4 die Zeichenketten r und $r()$.

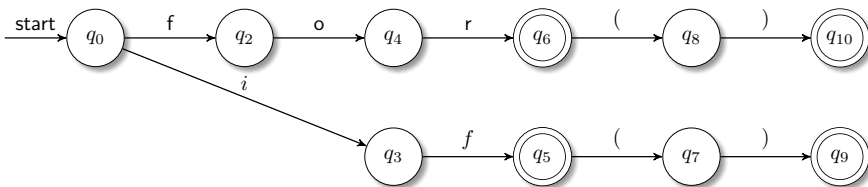


Abb. 1: Deterministischer endlicher Automat

Der Minimierungs-Algorithmus beruht nun auf dem Prinzip, dass Zustände, die äquivalent sind, verschmolzen werden. Der obige Automat kann also minimiert werden zu folgendem Automaten (Abbildung 2).

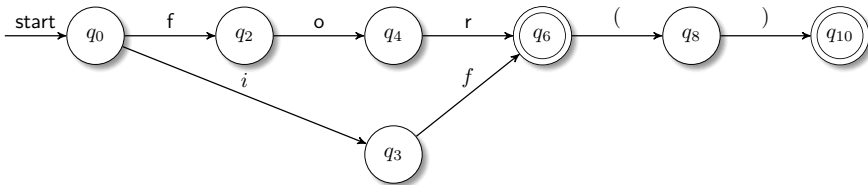


Abb. 2: Minimaler, deterministischer, endlicher Automat

Auch wenn dieses Vorgehen in obigem Beispiel sehr intuitiv aussieht, ist es dies im Allgemeinen nicht (siehe Abbildung 6).

Der sogenannte Table-Filling-Algorithmus zur Minimierung arbeitet folgendermaßen: Zu einem gegebenen Automaten $A = (Q, \Sigma, \delta, s_0, F)$ bestimmt der Algorithmus die Mengen der zu verschmelzenden Zustände, indem zunächst eine Tabelle aller Zustandspaare erstellt wird. In einem ersten Schritt werden alle diejenigen Zustandspaare markiert, die aus einem Nicht-Endzustand und einem Endzustand bestehen. Anschließend wird für jedes Zustandspaar $(p, q) \in Q \times Q$ und jedes Eingabesymbol $a \in \Sigma$ geprüft, ob das Zustandspaar $(\delta(p, a), \delta(q, a))$ in der Tabelle bereits markiert ist. Ist dies der Fall, so

wird auch das Paar (p, q) markiert. Dieser Schritt wird nun so lange wiederholt, bis sich keine neuen Markierungen mehr ergeben. Danach können die Zustände eines unmarkierten Zustandspaares zu einem einzigen Zustand verschmolzen werden. Für eine ausführliche Beschreibung des Table-Filling-Algorithmus siehe Anhang A.

3 Minimierung entdecken - Der Verlauf

Im Unterrichtsprozess soll vor allem darauf geachtet werden, dass die Schüler*innen sehr selbstständig arbeiten und Schritt für Schritt eine subjektive Theorie (subjektive Vermutung) darüber aufstellen, was es bedeutet, dass zwei Zustände eines Automaten äquivalent sind, und wie diese Äquivalenz in einem Minimierungsalgorithmus genutzt werden kann. Im gesamten Unterrichtsprozess gibt es sowohl Lösungskarten als auch Tippkarten, um den Lernprozess der Schüler*innen sehr selbstständig zu gestalten. Der Ablauf in den Aufgabenstellungen ist dabei immer ähnlich. Zunächst wird das Problem, geleitet durch eine Fragestellung, aufgeworfen. Anschließend versuchen die Schüler*innen verschiedene Zustandspaare zu verschmelzen. Diese Phase sowie die darauf folgende Reflexionsphase werden durch Hilfekarten und Lösungskarten unterstützt. Der durchgeführte Unterricht wurde entlang eines „Smiley-Automaten“ aufgebaut (Abbildung 3).

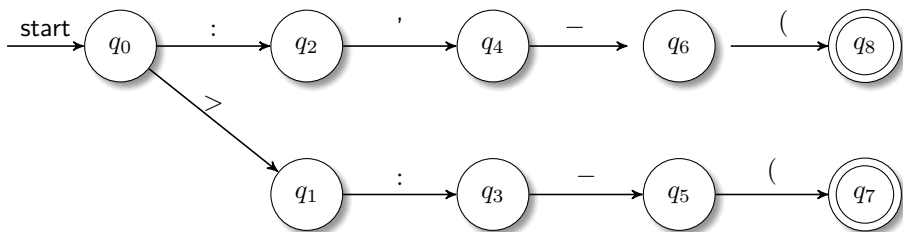


Abb. 3: Erster Beispielautomat

Die Schüler*innen bestimmen zunächst, welche Sprache von dem gegebenen Automaten erkannt wird. Anschließend werden sie gezielt auf die Betrachtung der Zustände q_7 und q_8 hingewiesen. Durch das Streichen eines der beiden Zustände und das geschickte Umlenken der Kanten kann man einen der Zustände einsparen. Anschließend überprüfen die Schüler*innen, ob dies auch für andere Zustandspaare wie beispielsweise $((q_5, q_6), (q_3, q_4))$ möglich ist. Explizit wird auf die Zustände q_1 und q_2 hingewiesen, welche nicht verschmolzen werden können. Es folgt die Reflexion darüber, wann zwei Zustände verschmolzen werden können und wann nicht. Diese Phase ist besonders wichtig. Für die Schüler*innen ergibt sich ein erstes Bild, was zum Verschmelzen führen könnte und was nicht. Ihre Theorie halten die Schüler*innen schriftlich und unterstützt durch Beispiele fest. Zum Abschluss geben Sie eine Einschätzung darüber, wann Zustände verschmolzen werden können.

Das zweite Beispiel (Abbildung 4) geht genauer darauf ein, dass Endzustände und Nicht-Endzustände nicht verschmolzen werden können. Dies ist gleichzeitig der erste Schritt im

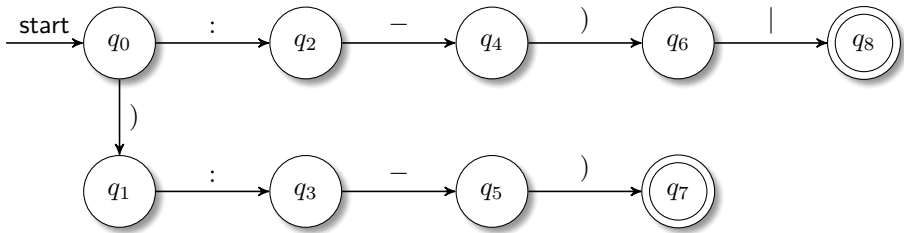


Abb. 4: Zweiter Beispielautomat

Table-Filling-Algorithmus. Die Vorgehensweise ist wie im ersten Beispiel. Zunächst notieren die Schüler*innen die erkannte Sprache. Explizit wird die Frage nach dem Zustandspaar (q_6, q_7) gestellt. Können diese beiden Zustände verschmolzen werden? Die Reflexion wird durch folgende Frage unterstützt: Kann ein Endzustand mit einem Nicht-Endzustand verschmolzen werden? Damit ist ein zweiter wesentlicher Baustein für das Verständnis des Table-Filling-Algorithmus gelegt.

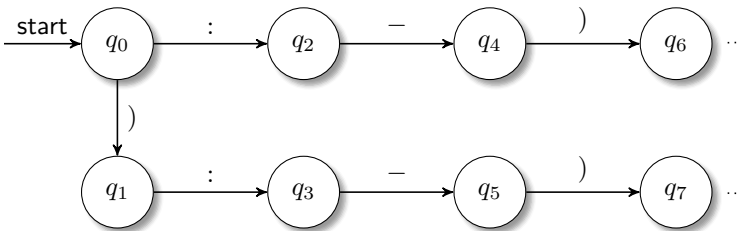


Abb. 5: Dritter Beispielautomat

Der nächste Schritt (Abbildung 5) thematisiert die wiederholende Abfrage des Table-Filling-Algorithmus nach den Folgezuständen zweier Zustände, die untersucht werden sollen (Schritt 3 im Table-Filling-Algorithmus). In diesem Beispiel wurde bewusst auf eine Darstellung des kompletten Automaten verzichtet. An den Zuständen q_6 und q_7 wurde er gewissermaßen „abgeschnitten“. Die Schüler*innen werden durch die folgende Frage in ihrem Entdecken unterstützt: Wenn man bereits weiß, dass die Zustände q_6 und q_7 nicht verschmolzen werden können, kann man dann die Zustände q_4 und q_5 verschmelzen? Dabei sollen die Schüler*innen den Automaten mit gleichen und ungleichen Teilen erweitern, um sich eine Theorie zu erschließen. Auch dieser letzte Schritt wird dann reflektiert.

Zum Abschluss erhalten die Schüler*innen dann die Beschreibung des Table-Filling-Algorithmus' und einen Beispielautomaten, auf den sie den Algorithmus anwenden sollen. Es folgt eine Reflexion: Welche Erkenntnisse aus den Aufgaben 1-3 findet man im Algorithmus wieder? Die Ergebnisse werden zum Abschluss zusammengetragen.

4 Erfahrungen und Ausblick

Die Unterrichtseinheit wurden zunächst mit Studierenden, die den Minimierungsalgorithmus bereits in der Vorlesung kennen gelernt hatten, durchgeführt. Die Rückmeldung dieser Studierenden war eindeutig. Nach ihrer Aussage hatten sie den Minimierungsalgorithmus bisher nur „blind“ angewendet und um damit die nötigen Übungspunkte zu erhalten. Das Prinzip hinter dem Algorithmus war ihnen unklar. Die Einheit führte, laut ihrer Aussagen, dazu, dass sie nicht nur die Minimierung besser verstanden hatten, sondern vor allem auch die eher formale Sichtweise von Äquivalenzklassen und die damit verbundenen Beweise der Vorlesung besser nachvollziehen konnten.

Die Schüler*innen der Testklasse dagegen hatten keine Vorkenntnisse im Bereich der Minimierung von endlichen Automaten. Sie hatten deterministische und nichtdeterministische endliche Automaten bereits kennen gelernt und sie zur Beschreibung von Sprachen genutzt. Nach dem Unterricht konnte die überwiegende Mehrheit der Schüler*innen auf Nachfrage anhand von Beispielen die Minimierung und den Begriff der Äquivalenz erklären. Außerdem war es ihnen möglich, den Algorithmus korrekt anzuwenden.

Die durchweg positiven Erfahrungen, diesen theoretischen Inhalt entdecken zu lassen, führt uns zu zwei Vorhaben: Zum einen stellt sich die Frage, ob diese Idee auch auf andere, theoretischen Eigenschaften übertragen werden kann wie zum Beispiel auf die Determinisierung von nichtdeterministischen endlichen Automaten. Außerdem könnte eine empirische Studie über den tatsächlich messbaren Nutzen dieser Herangehensweise Aufschluss geben.

A Theoretische Grundlagen

Zur Veranschaulichung wählen wir folgenden Beispielautomaten. Der Automat hat fünf Zustände.

Die einzelnen Schritte des Table-Filling-Algorithmus' sind:

1. Stelle eine Tabelle aller Zustandspaare auf. Obwohl der Automat fünf Zustände hat, muss die Tabelle lediglich vier Zeilen und vier Spalten haben, da ein Zustand nicht mit sich selbst verglichen werden muss. Außerdem kann an der Diagonalen gekürzt werden, da die Relation symmetrisch ist.

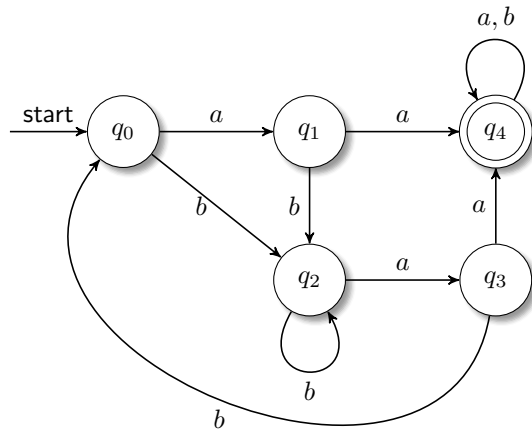


Abb. 6: Deterministischer endlicher Automat

Beispiel

	q_0	q_1	q_2	q_3
q_4				
q_3				
q_2				
q_1				

2. Markiere alle Paare aus Nicht-Endzuständen und Endzuständen.

Beispiel

	q_0	q_1	q_2	q_3
q_4	x	x	x	x
q_3				
q_2				
q_1				

3. Teste für jedes Paar aus Zuständen p, q und jedes Eingabezeichen x , ob das Paar $\delta(p, x), \delta(q, x)$ markiert ist. Wenn ja, dann markiere auch das Paar p, q .

Beispiel

	q_0	q_1	q_2	q_3
q_4	x	x	x	x
q_3	x			
q_2				
q_1				

4. Wiederhole Schritt 3, bis sich keine Änderung in der Tabelle mehr ergibt.

Beispiel

	q_0	q_1	q_2	q_3
q_4	x	x	x	x
q_3	x		x	
q_2		x		
q_1	x			

5. Alle jetzt noch unmarkierten Paare können jeweils zu einem Zustand verschmolzen werden.

Der Algorithmus nimmt Markierungen vor, wenn zwei Zustände nicht äquivalent sein können. Endzustände und Nichtendzustände werden in Schritt 2 markiert, da mindestens das leere Wort die Zustände voneinander trennt. In Schritt 3 werden dann aufbauend auf diesen Markierungen weitere Markierungen vorgenommen. Wenn ein Zeichen x aus einem Zustandspaar (p, q) in ein Zustandspaar (s, t) führt und (s, t) markiert ist, dann wird auch (p, q) markiert, da es ein trennendes Wort w für (s, t) gibt und somit xw ein trennendes Wort für (p, q) ist.

Zum Abschluss werden sowohl die Zustände q_0 und q_2 als auch die Zustände q_1 und q_3 verschmolzen (siehe Abbildung 7).

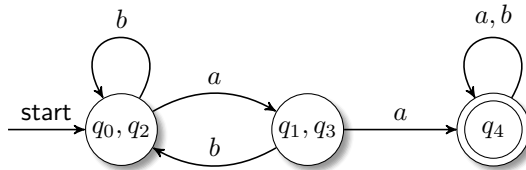


Abb. 7: Deterministischer endlicher Automat

Literatur

- [Br62] Brzozowski, J. A.: Canonical regular expressions and minimal state graphs for definite events. *Mathematical Theory of Automata*, S. 529–561, 1962.
- [Di11] Diethelm, I.: Wie forschend-entdeckendes Lernen gelingen kann - Forschendes und entdeckendes Lernen in Kontexten zu Datenschutz, Internet und Urheberrecht. *LOG IN 31/168*, S. 28–34, 2011.
- [HMu11] Hopcroft, J. E.; Motwani, R.; Ullman, J. D.: Einführung in Automatentheorie, formale Sprachen und Berechenbarkeit. Pearson Studium, 2011.
- [LW11] Leonhardt, T.; Westram, H.: Das Projekt go4IT! - Mit Robotern forschend und entdeckend lernen. *LOG IN 31/168*, S. 56–61, 2011.

- [Pe99] Peterßen, W. H.: Kleines Methoden-Lexikon. Oldenbourg, 1999.
- [RAH05] Reichert, R.; Arnold, R.; Hartmann, W.: Entdeckendes Lernen im Informatik-Unterricht. In (Friedrich, S., Hrsg.): Unterrichtskonzepte für informatische Bildung, INFOS 2005, 11. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 28.-30. September 2005 an der TU Dresden. Bd. P-60. LNI, GI, S. 197–205, 2005.
- [Sc92] Schöning, U.: Theoretische Informatik kurz gefasst. BI-Wissenschaftsverlag, 1992.
- [Sc93] Schwill, A.: Fundamentale Ideen der Informatik. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik 25/, S. 20–31, 1993.

Informatische Bildung in Praxisphasen des Faches Sachunterricht an universitären Standorten in NRW

Miriam Kuckuck,¹ Alexander Best,² Inga Gryl,³ Jan Grey,³ Torsten Brinda,⁴ Anna Windt,⁵
Nico Schreiber,⁵ Fatma Batur,⁴ Denise Schmitz⁶

Abstract: Eine frühe informatische Bildung wird sowohl von der Fachdidaktik Informatik als auch von Didaktiker*innen aus dem Primarbereich gefordert. Aufgrund seines auf die Lebens- und Erfahrungswelt der Schüler*innen ausgerichteten Bildungsauftrags wurde und wird der Sachunterricht als Unterrichtsfach herangezogen, in dem eine informatische Bildung verortet werden könnte. In diesem Beitrag wird ein Projekt aus Nordrhein-Westfalen vorgestellt, über welches an drei Universitätsstandorten Erfahrungen und Ergebnisse eines solchen Vorhabens gewonnen, zusammengetragen, evaluiert und diskutiert werden sollen. Hierzu werden didaktisch-methodische Handreichungen für Praxisphasen an Hochschulen entwickelt, zusammen mit den Grundschullehrramtsstudierenden diskutiert sowie weiterentwickelt und von diesen im Sachunterricht in Kooperation mit Lehrkräften umgesetzt. Ziel ist es, praxiserprobte Unterrichtsmaterialien zu entwickeln, Forschungsfragen zu generieren sowie zu erörtern und sowohl der Fachdidaktik Informatik als auch der Sachunterrichtsdidaktik die gewonnene Expertise bereitzustellen.

Keywords: Primarbereich; Grundschule; Sachunterricht; Lehrerbildung

1 Einleitung

„Digitalisierung“ ist eines der großen Schlagworte unserer Zeit und die damit zum Ausdruck gebrachte „digitale Transformation“ wird ganz wesentlich ermöglicht durch Informatik. Tatsächlich ist unser Alltag – von den neuesten Errungenschaften nahezu aller Wissenschaften bis hin zu den banalsten Gebrauchsgegenständen – von Informatik durchdrungen. Unbestreitbar wird sich dies in Zukunft verstärken. Um zumindest in Grundzügen zu verstehen, wie die uns umgebende, durch Digitalisierung geprägte Welt funktioniert und herauszufinden,

¹ Bergische Universität Wuppertal, Institut für Geographie und Sachunterricht, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal, kuckuck@uni-wuppertal.de

² Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Didaktik der Informatik, Corrensstraße 80, 48149 Münster, alexander.best@uni-muenster.de

³ Universität Duisburg-Essen, Didaktik des Sachunterrichts, Schützenbahn 70, 45127 Essen, {inga.gryl,jan.grey}@uni-due.de

⁴ Universität Duisburg-Essen, Didaktik der Informatik, Schützenbahn 70, 45127 Essen, {torsten.brinda,fatma.batur}@uni-due.de

⁵ Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Didaktik des Sachunterrichts, Leonardo-Campus 11, 48149 Münster, {anna.windt,nico.schreiber}@uni-muenster.de

⁶ Bergische Universität Wuppertal, Didaktik der Informatik, Gaußstraße 20, 42097 Wuppertal, dschmitz@uni-wuppertal.de

wie man selbst mitgestaltend aktiv werden kann, sollte schulische Bildung bereits frühzeitig auch ein informatisches Fundament anlegen. Bisher zeigt sich, dass auch die Generation der sogenannten „digital natives“ höchstens als Nutzer*innen mit Informatiksystemen umgehen kann und mit einem kritischen Hinterfragen oder dem Gestalten dieser innovativen Möglichkeiten noch überfordert ist [ECDL14; En17]. Soll die kommende Generation jedoch gerüstet sein für die Möglichkeiten, die diese „digitale Welt“ ihr bieten, und auch für die Herausforderungen, die sie ihr abverlangen wird, so muss sie an der kritischen Diskussion und Gestaltung dieser Welt kompetent mitwirken können. Dafür ist das Verständnis der Ideen, Prinzipien und Strukturen hinter Phänomenen der Informatik notwendig [HP04]. Dieses soll (und kann) allen Schüler*innen in einer jeweils entsprechenden Form auf allen Altersstufen vermittelt werden [Br60; Sc01; Sc93]. Grundlage hierfür stellt das in allen Schulstufen etablierte Kompetenzmodell der Gesellschaft für Informatik e.V. dar, das zuletzt 2019 auch für die Grundschule konkretisiert wurde [GI19b].

Im vorliegenden Praxisbeitrag wird ein Verbundprojekt⁷ im Bundesland NRW beschrieben, das darauf abzielt, fachliche und fachdidaktische Elemente der Informatik in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung von Grundschullehrkräften im Praxissemester Sachunterricht bzw. in praxisorientierten Seminaren zu verankern. Informatik wird dabei als Erweiterung der fachlichen Perspektiven des Sachunterrichts verstanden. Im Projekt entwickeln Lehramtsstudierende des Faches Sachunterricht angeleitet Unterrichtskonzepte und erstellen Unterrichtsmaterialien. Diese werden anschließend im/n Praxissemesterunterricht/Praxisphasen zusammen mit der jeweils begleitenden Lehrkraft angewendet und erprobt, sodass auch diese ihre fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen zur Informatik erweitern kann. Das Projekt zielt darauf ab, angehende Lehrkräfte des Sachunterrichts in NRW auf die Einbeziehung informatischer Ideen in den Unterricht durch praxisorientierte Phasen vorzubereiten und bei ihrer Anwendung zu begleiten. Neben den Studierenden und den begleitenden Lehrkräften an den Schulen profitieren auch die Schüler*innen der Grundschulen von den neuen Unterrichtsideen, da die im Projekt entwickelten Materialien direkt eingesetzt werden. Im vorliegenden Beitrag werden das Konzept und erste Umsetzungserfahrungen vorgestellt. Hervorhebenswert ist, dass an diesem Projekt jeweils zwei Didaktiken (Sachunterrichts- und Informatikdidaktik) an drei Universitätsstandorten eng zusammenarbeiten und dass die Konzepte auf weitere Standorte übertragen werden können.

2 Informatische Bildung als Teil der Lehramtsausbildung im Fach Sachunterricht

Bislang findet noch kein systematischer Erwerb grundlegender informatischer und informatikdidaktischer Kompetenzen in der Lehrer*innenbildung von Grundschullehrkräften statt:

⁷ Das Projekt wird vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MKW NRW) gefördert. Die Verantwortlichen sind Prof. Dr. Miriam Kuckuck und Prof. Dr. Ludger Humbert (Standort Wuppertal), Prof. Dr. Anna Windt und Prof. Dr. Marco Thomas (Standort Münster) sowie Prof. Dr. Inga Gryl und Prof. Dr. Torsten Brinda (Standort Duisburg-Essen).

weder im Lehramtsstudium noch im Referendariat oder in Fortbildungen. Zwar berichten Grundschullehrer*innen über Erfahrungen mit Informatik in ihrer eigenen Schulzeit oder im Studium, diese sind jedoch höchst heterogen, werden negativ oder indifferent wahrgenommen und führen oft zu Fehlvorstellungen, die sich selten mit dem Forschungsauftrag der Informatik als wissenschaftlicher Disziplin bzw. dem Bildungsauftrag des Informatikunterrichts vereinbaren lassen [Be20]. Eine systematische Ausbildung angehender Lehrkräfte wäre jedoch notwendig, um einerseits bestehende Fehlvorstellungen abzubauen und die Lehrkräfte andererseits dazu zu befähigen, einen Unterricht mit und über Medien und Informatik durchzuführen [Ge15]. Aktuelle Befunde der PISA-Sonderanalyse legen jedoch nahe, dass zumindest die überwiegende Anzahl der Lernenden die notwendigen Fähigkeiten für digitalen Unterricht seitens ihrer Lehrpersonen vermissen [OECD20]. Das dürfte in noch stärkerem Maße auch für die Auseinandersetzung mit Digitalisierung als Unterrichtsgegenstand, insbesondere mit Ideen der Informatik, gelten. Analog zu anderen Fachdidaktiken müssten angehende Lehrkräfte daher zukünftig auch in Informatik grundlegende fachliche und fachdidaktische Kompetenzen erwerben können. Erste Erfahrungen aus Lehrveranstaltungen und Fortbildungen zeigen, dass einerseits Interesse angehender Lehrer*innen an solchen Konzepten besteht und andererseits entsprechende Formate erfolgreich entwickelt und vermittelt werden können. Dies umfasst auch solche Themen, etwa aus dem Inhaltsbereich „Sprachen und Automaten“, die bislang kaum in der Grundschule umgesetzt wurden und werden [Hu20]. Ansätze, die fächerübergreifend und -vernetzend angelegt sind wie der Vehikel-Ansatz, der ein Jugendinteressengebiet mit technischen Grundprinzipien verknüpft [DT19], oder Best-Practice Beispiele wie kidipedia [Pe10]. Haselmeier et al. skizzieren drei Ebenen, welche für eine erfolgreiche Umsetzung informatischer Bildung im Primarbereich notwendig sind [Ha16]. Dies ist zunächst die Qualifikation der Lehrkräfte, welche neben den fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen auch ein positives Informatikselbstkonzept entwickeln müssen. Hierbei muss u. a. berücksichtigt werden, dass der weibliche Anteil an den Grundschullehrkräften in NRW bei rund 95% liegt und sich somit stark zur Zusammensetzung von Informatiklehrer*innen unterscheidet – die amtlichen Schuldaten NRW weisen für das Schuljahr 2019/2020 einen Anteil von etwa 28% Informatiklehrerinnen über alle Schulformen aus [MSB20a]. Als weitere Ebene weisen Haselmeier et al. die Unterrichtsmaterialien aus, welche ebenfalls für ein positives Informatikselbstkonzept der Schüler*innen sowie den entsprechenden Kompetenzerwerb entwickelt werden müssen. Aus diesen Überlegungen folgt mit der dritten Ebene die Forderung nach einem Pflichtfach Informatik ab der 1. Klasse, wie es bspw. bereits seit 2014 über das Fach Computing im Vereinigten Königreich geschieht. Die Bereitschaft von Grundschullehrer*innen, sich mit informatischer Bildung auseinanderzusetzen, besteht in Deutschland [FGH16] und auch Informatiklehrer*innen plädieren in Teilen für eine frühe informatische Bildung im Primarbereich [De17].

2.1 Potenzial des Faches Sachunterricht als Teil der informatischen Grundbildung in der Grundschule

Studierende des Faches Sachunterricht bauen im Rahmen ihres Studiums professionelle Kompetenz auf [BK06], indem sie Fachwissen, pädagogisches und fachdidaktisches Wissen erwerben, welche sich an den rezenten und zukünftigen Inhaltsfeldern ihres Berufes orientieren. Die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU19] geht in ihrem Qualifikationsmodell für das Studienfach Sachunterricht von drei Qualifikationsbereichen aus: perspektivübergreifender Bereich, perspektivspezifischer Bereich sowie der Bereich Kind & Sache / Sache & Kind. Der Sachunterricht greift die Lebenswelt von Kindern auf und weist sich durch einen hohen Gegenwarts- und Zukunftsbezug aus. Die Interessenwelt und die Alltagswelt von Grundschulkindern haben sich bereits und werden sich zukünftig noch sehr verändert/n, wie eingangs erwähnt, leben auch sie in einer von Informatik durchdrungenen Welt. Themen der Digitalisierung und informatischen Bildung sind daher für den Sachunterricht von großer Bedeutung. Durch sein disziplinübergreifendes (perspektivenübergreifendes) Verständnis bietet der Sachunterricht ideale Ansatzpunkte für eine die Lebenswelt erschließende, informatische Bildung. Die Integration einer informatischen Bildung in den Sachunterricht bestärkt das informatische Selbstkonzept und die informatische Selbstwirksamkeit der Kinder, sie erfahren hierdurch Informatik als erlernbar (Kontrollüberzeugung), und zwar entgegen gesellschaftlicher Stereotype unabhängig vom Geschlecht. Informatik manifestiert sich in menschengemachten, kreativen Artefakten und Ideen und ist keine „Geheimwissenschaft“. Die Kinder stellen hingegen wechselseitige Bezüge von der Informatik zu ihrem Alltag her. Die/der Einzelne erkennt auch für sich selbst, dass auch sie/er informatische Kenntnisse erlernen kann (Selbstwirksamkeitsüberzeugung) und dass dies Freude macht. Es wird demnach unter Rückgriff auf die erfahrene informatische Selbstwirksamkeit die weitere Arbeit an Informatiksystemen als möglich empfunden. Diese aktive Auseinandersetzung gewinnt – wie eingangs eingeführt – Relevanz aufgrund der Präsenz informatischer Systeme im alltäglichen Leben, woraus sich die zentrale Bedeutung des Themas für die Bildung ableiten lässt.

2.2 Politische und curriculare Verankerung

Die hohe Bedeutung der informatischen Bildung findet sich auch in verschiedenen politischen und curricularen Dokumenten wieder. Die Landesregierung NRW hat für die aktuelle Legislaturperiode das Ziel ausgegeben, den Informatikunterricht an allen Schulformen zu stärken [CF17b, S. 15]. Mit der Einführung des Pflichtfachs Informatik in den Klassen 5 und 6 zum Schuljahr 2021/22 wird ein Schritt in diese Richtung für die weiterführenden Schulformen gemacht. „Alle Schülerinnen und Schüler sollen bestmöglich auf die Anforderungen einer zunehmend von Informatiksystemen geprägten Lebens- und Arbeitswelt vorbereitet werden. Hierzu ist neben der Vermittlung von Medienkompetenzen und Fähigkeiten zum Anwenden und Bedienen digitaler Systeme besonders das Verständnis der zugrundeliegenden informatischen Konzepte von großer Bedeutung, um den Nutzen

sowie die Wirkungsweise solcher Systeme bewerten zu können. Deshalb soll schon in der Grundschule – und zwar insbesondere in den Fächern Mathematik und Sachunterricht – eine erste altersgerechte Begegnung mit informatischen Inhalten erfolgen, an die dann die weiterführende Schule anknüpfen kann“ [CF17a]. Insbesondere sollen Kinder auch dort Grundkenntnisse im Programmieren erlernen [CF17b, S. 15]. Die digitale Bildung kann als Gegenstand schulischer Bildung zunächst aus dem DigComp-Modell [Fe13] als europäischem Referenzrahmen hergeleitet werden. Konkretisierung auf Bundesebene findet die digitale Bildung zunächst durch die Kultusministerkonferenz [KMK19] und schließlich auf der Länderebene durch den Medienkompetenzrahmen NRW [MNW20]. Hier werden in Anlehnung an die Strategie zur Bildung in der digitalen Welt [KMK19] sechs Kompetenzbereiche ausgewiesen: (1) Bedienen und Anwenden, (2) Informieren und Recherchieren, (3) Kommunizieren und Kooperieren, (4) Produzieren und Präsentieren, (5) Analysieren und Reflektieren sowie (6) Problemlösen und Modellieren. Insbesondere der sechste Kompetenzbereich verankert eine informatische Grundbildung bereits in der Grundschule und auch die anderen Kompetenzbereiche profitieren durch diese. Neben Strategien zur Problemlösung sollen auch Grundfertigkeiten im Programmieren, Einflüsse von Algorithmen sowie die Auswirkungen der Automatisierung von Prozessen in der digitalen Welt reflektiert werden [MNW20, S. 22]. Die an den Sachunterricht besonders anschlussfähige Verbindung technischer Aspekte mit gesellschaftlichen Implikationen und dem Nutzungs-/ Interaktionsverhalten zeigt das Frankfurt-Dreieck der Gesellschaft für Informatik auf [GI19a]. Bereits 2003 wies Engbring über das technologische Dreieck [En03, S. 84] sowie das erweiterte technologische Dreieck [En03, S. 84] aus informatischer Sichtweise auf die starke Wechselwirkung zwischen „Gesetzen, Normen, Regeln und Konventionen“ (Soziefakten), „Kompetenzen und Qualifikationen“ (Kognifakten) und „technischen Geräten (Maschinen, Werkzeuge)“ (Artefakte) hin [En03, 80, 85 f.]. Diese komplexen Anforderungen finden sich auch teilweise im neuen Lehrplan für das Fach Sachunterricht in NRW, 2020 als Entwurf vorgelegt [MSB20b]. So sollen beispielsweise in der technischen Perspektive im Sachunterricht die Schüler*innen am Ende der Schuleingangsphase das EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe) als Grundprinzip der Datenverarbeitung in Informatiksystemen anhand eines Beispiels simulieren und beschreiben. Die Schüler*innen sollen am Ende der Klasse 4 eine Sequenz programmieren können [MSB20b, S. 17]. Auch die fachdidaktischen Verbände beider Bezugsdisziplinen haben die Bedeutung der informatischen Bildung im Primarbereich/Sachunterricht herausgearbeitet. So geht die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) in ihrem Positionspapier zu „Sachunterricht und Digitalisierung“ auf die Bedeutung der informatischen Grundbildung im Sachunterricht ein [Pe19] und die Gesellschaft für Informatik hat eigene Empfehlungen zu Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich publiziert [GI19b].

Aktuelle Forschungsprojekte, politische Forderungen, die Auseinandersetzung der Verbände sowie die curriculare Verankerung machen die Bedeutung und die Notwendigkeit einer informatischen Bildung im Primarbereich deutlich. Haselmeier et al. betonen die Etablierung informatischer Bildung innerhalb der ersten Phase der Lehrerbildung an universitären Standorten [Ha19]. Auch der aktuelle Koalitionsvertrag in NRW unterstreicht die Inwertsetzung

im Rahmen der Lehrerbildung: „Damit dies gelingen kann, müssen angehende Lehrkräfte im Studium auf den Einsatz und Umgang mit den digitalen Möglichkeiten frühzeitig vorbereitet und digitales Lernen in der Lehrerbildung stärker verankert werden“ [CF17b, S. 15].

3 Konzept und Umsetzung in Seminaren im Sachunterrichtsstudium

In unserem Projekt (Laufzeit 04/2020 bis 03/2022) erwerben Studierende des Sachunterrichts im Vorbereitungs- und Begleitseminar zum Praxissemester bzw. anderen praxisorientierten Seminaren erste Kompetenzen zur informatischen Grundbildung, mit dem Ziel, diese Kenntnisse im Rahmen der Praxisphase zu integrieren und damit eine Vielzahl an Schulen, Schüler*innen sowie Lehrpersonen zu erreichen. Informatik wird im Projekt als Erweiterung der Perspektiven des Sachunterrichts verstanden und reagiert damit auf die bereits oben beschrieben politischen und curricularen Forderungen. An drei universitären Standorten in NRW (Bergische Universität Wuppertal, Universität Duisburg-Essen, Westfälische Wilhelms-Universität Münster) werden im Rahmen des Projekts Lehrveranstaltungen dazu durchgeführt. Die Besonderheit ist, dass nicht nur an drei verschiedenen Standorten in NRW, sondern auch immer in Kooperation zwischen Sachunterrichtsdidaktiker*innen und Informatikdidaktiker*innen die Lehrveranstaltungen kooperativ geplant sowie durchgeführt und innerhalb der Gesamtgruppe diskutiert werden. In den Seminaren werden neben sachunterrichtsdidaktischen Aspekten informatische Grundkenntnisse theoriebasiert und praxisbezogen erarbeitet, sodass die Studierenden das erforderliche fachliche und fachdidaktische Wissen aufweisen. Im Anschluss werden Unterrichtseinheiten zu Phänomenen der Informatik [HP04] entwickelt, in der Praxis erprobt und theoriebasiert evaluiert und reflektiert. Die Studierenden erwerben so das erforderliche fachliche und fachdidaktische Wissen, um die Unterrichtseinheit zu einem Phänomen der Informatik in der Praxisphase umzusetzen. Trotz pandemiebedingten Einschränkungen und neuen Herausforderungen in der universitären Lehre begann im Sommersemester 2020 das erste Seminar an der Bergischen Universität Wuppertal mit insgesamt 29 Studierenden; in Kooperation der beiden Didaktiken fand das erste Seminar im Projekt digital statt. Die 29 Studierenden des Studiengangs Sachunterricht und Sachunterricht mit sonderpädagogischer Förderung erreichten mit unserer ersten Ausführung somit 29 verschiedene Schulen in NRW (Zentren für schulpraktische Lehrerbildung (ZfsLs) in Neuss, Solingen, Düsseldorf, Mönchengladbach). Der erste Durchgang beschäftigte sich mit dem Themenbereich Kryptologie, wobei auf Erfahrungen aus dem Projekt „Informatik an Grundschulen“ (IaG) der beteiligten Informatikdidaktiker*innen der Bergischen Universität Wuppertal zurückgegriffen werden konnte [FH19]. Folgende Bereiche wurden dabei thematisiert: das Thema Kryptologie im digitalen und nichtdigitalen Alltag, Steganographie – Verstecken und Verbergen (Historische Beispiele, Alltagsbeispiele), Codierung und Verschlüsselung, Binärcode, Freimaurercode, Brailleschrift, Morsecode, Transposition und Substitution (Skytale, Caesarcodes). Im zweiten Durchgang, im Wintersemester 2020/21, erfolgt das Vorbereitungsseminar nach gleicher Struktur: Nach einer sachunterrichtsdidaktischen Herleitung erfolgt die thematische Auseinandersetzung mit einem informatischen Themenbereich. Thematisch wird in diesem

Semester der Fokus auf Programmieren am Beispiel des Einsatzes des Ozobots® gelegt. Dafür erwerben die Studierenden ($n = 18$) Fachwissen zum EVA-Prinzip, zu Code/Co-dierung, zu Algorithmen und zur Robotik. Ab dem Sommersemester 2021 werden auch an den anderen beiden Standorten Lehrveranstaltungen nach diesem Prinzip angeboten. Der Universitätsstandort Duisburg-Essen arbeitet mit den ZfsLs in Duisburg, Essen, Kleve, Krefeld und Oberhausen zusammen. Am Standort Münster wird auf Schulen und Lehrkräfte des Kooperationsprojekts „Integration von Theorie und Praxis“ (ITP) zugegriffen, welches bereits seit 1995 existiert und stetig ausgebaut wurde. So können insgesamt eine Vielzahl an ZfsLs, Schulen, Lehrpersonen und Schüler*innen erreicht werden.

4 Diskussion und Ausblick

Über das hier beschriebene Projekt sollen weitere Ergebnisse und Erkenntnisse gewonnen werden, inwieweit sich eine informatische Bildung im bestehenden Fächerkanon der Grundschule verankern lässt. Das Fach Sachunterricht wurde sowohl von Seiten der fachdidaktischen Forschung der Informatik als auch der des Sachunterrichts als geeignetes Fach skizziert [St18]. Über die drei Projektstandorte sollen unterschiedliche Parteien (Studierende, Fachdidaktiker*innen, Lehrkräfte) eingebunden werden, um neue Zugänge zur informatischen Bildung über den Sachunterricht zu erproben. Dabei wurden bewusst heterogene Umsetzungsstrategien gewählt, um bspw. auf unterschiedliche zeitliche Rahmen, Studierende und Klassenstufen eingehen zu können. Das Projekt soll Impulse hinsichtlich einsetzbarer Unterrichtsmaterialien geben. Die begleitende Forschung innerhalb des Projektes ermöglicht zudem eine Evaluation im hochschuldidaktischen wie im schulischen Bereich. Diese Forschungsergebnisse sollen im Projektverlauf publiziert werden. Die Projektergebnisse tragen zu verstetigbaren Neugestaltungen innerhalb der Studiengänge an den Standorten bei. Am Standort Duisburg-Essen werden die Projektergebnisse in das Studiengangsentwicklungsprojekt ProSUDI einbezogen, das die kohärente Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen über das gesamte Sachunterrichtsstudium hinweg vorsieht. Durch die umfängliche Erprobung und Evaluation wird informatische Grundbildung als Teilbereich digitalisierungsbezogener Bildung dauerhaft im Master im Rahmen des Praxissemesters instanzierbar und durch Verschneidung mit ProSUDI anschlussfähig an die im Vorfeld und im Nachgang erfolgte Vermittlung.

Literatur

- [Be20] Best, A.: Vorstellungen von Grundschullehrpersonen zur Informatik und zum Informatikunterricht, Dissertation, Universität Münster: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, 2020, URL: https://ddi.wwu.de/2020_best_diss, Stand: 29.06.2021.
- [BK06] Baumert, J.; Kunter, M.: Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 09/04, S. 469–520, 2006.

- [Br60] Bruner, J. S.: The Process of Education. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1960.
- [CF17a] CDU Nordrhein-Westfalen; FDP Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Informatik an Grundschulen: offene Fragen, Landtag Nordrhein-Westfalen – 17. Wahlperiode, Drucksache 17/8428, 2017, URL: <https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMD17-8428.pdf>, Stand: 29.06.2021.
- [CF17b] CDU Nordrhein-Westfalen; FDP Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Koalitionsvertrag für Nordrhein-Westfalen 2017-2022, 2017, URL: https://www.cdu-nrw.de/sites/www.neu.cdu-nrw.de/files/downloads/nrwkoalition_koalitionsvertrag_fuer_nordrhein-westfalen_2017_-_2022.pdf, Stand: 29.06.2021.
- [De17] Dengel, A.: Opinions of CS Teachers in Secondary School Education about CS in Primary School Education. In (Barendsen, E.; Hubwieser, P., Hrsg.): Proceedings of the 12th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE 2017). ACM Press, New York, New York, S. 97–98, 2017.
- [DT19] Dahmen-Adkins, J.; Thaler, A.: Technologische Kompetenz für alle? Interdisziplinäre Technikdidaktik mit emanzipatorischem Bildungsziel. In (Koch, A. F.; Kruse, S.; Labudde, P., Hrsg.): Zur Bedeutung der Technischen Bildung in Fächerverbünden. Springer Nature, Wiesbaden, S. 15–27, 2019.
- [ECDL14] European Computer Driving Licence Foundation, Hrsg.: The Fallacy of the ‘Digital Native’: Why Young People Need to Develop their Digital Skills, 2014, URL: <https://epale.ec.europa.eu/sites/default/files/thefallacyofthedigitalnativepositionpaper1.pdf>, Stand: 29.06.2021.
- [En03] Engbring, D.: Informatik im Herstellungs- und Nutzungskontext. Ein technikbezogener Zugang zur fachübergreifenden Lehre, Dissertation, Universität Paderborn: Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik, 2003, URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466-20040101126>, Stand: 29.06.2021.
- [En17] Engen, B.-K.; Giæver, T. H.; Guðmundsdóttir, G. B.; Hatlevik, O. E.; Mifsud, L. M.; Tømte, K.: Digital Natives: Digitally Competent? In (Searson, M.; Ochoa, M. N., Hrsg.): SITE 2014–Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Bd. 1, Jacksonville, Florida, S. 2110–2116, 2017, ISBN: 978-1-939797-07-0, URL: <https://www.learnntechlib.org/p/147293/>, Stand: 29.06.2021.
- [Fe13] Ferrari, A.: DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe, hrsg. von Joint Research Centre of the European Commission, Luxemburg, 2013, URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83167/1b-na-26035-enn.pdf>, Stand: 29.06.2021.

- [FGH16] Funke, A.; Geldreich, K.; Hubwieser, P.: Primary School Teachers' Opinions about Early Computer Science Education. In (Sheard, J.; Montero, C. S., Hrsg.): 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling 2016). ACM Press, New York, New York, S. 135–139, 2016, URL: <https://doi.org/10.1145/2999541.2999547>, Stand: 29. 06. 2021.
- [FH19] Fricke, M.; Humbert, L.: Informatik an Grundschulen. „Ich habe ein Geheimnis!“ – Lehrerhandreichung zum Modul Kryptologie. In (Humbert, L.; Magenheimer, J.; Schroeder, U.; Fricke, M.; Bergner, N., Hrsg.): Lehrerhandreichungen. Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019.
- [GDSU19] Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Hrsg.: Qualitätsrahmen Lehrerbildung Sachunterricht und seine Didaktik. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, 2019.
- [Ge15] Gervé, F.: Digitale Medien. In (Kahlert, J.; Fölling-Albers, M.; Götz, M.; Hartinger, A.; Miller, S.; Wittkowske, S., Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. 2. Aufl., Klinkhardt, Bad Heilbrunn, S. 15–27, 2015, ISBN: 978-3-8252-8621-7.
- [GI19a] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt, 2019, URL: <https://dagstuhl.gi.de/fileadmin/GI/Allgemein/PDF/Frankfurt-Dreieck-zur-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf>, Stand: 29. 06. 2021.
- [GI19b] Gesellschaft für Informatik e. V., Hrsg.: Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich, 2019, URL: <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/20121>, Stand: 29. 06. 2021.
- [Ha16] Haselmeier, K.; Fricke, M.; Humbert, L.; Müller, D.; Rumm, P.: Informatikunterricht im Primarbereich – ohne qualifizierte Lehrkräfte geht es nicht. In (Thomas, M.; Weigend, M., Hrsg.): Informatik für Kinder. 7. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik. Books on Demand, Münster, S. 103–112, 2016.
- [Ha19] Haselmeier, K.: Informatik in der Grundschule – Stellschraube Lehrerbildung, Zur Notwendigkeit nachhaltiger informatischer Bildung für angehende Grundschullehrkräfte. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle (INFOS 2019). Köln Druck+Verlag, Dortmund, S. 89–98, 2019.
- [HP04] Humbert, L.; Puhlmann, H.: Essential Ingredients of Literacy in Informatics. In (Schubert, S.; Magenheimer, J., Hrsg.): Informatics and Student Assessment, Concepts of Empirical Research and Standardisation of Measurement in the Area of Didactics of Informatics. Köln Druck+Verlag, Bonn, S. 65–76, 2004, URL: <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/4916>, Stand: 29. 06. 2021.
- [Hu20] Humbert, L.; Best, A.; Micheuz, P.; Hellmig, L.: Informatik – Kompetenzentwicklung bei Kindern. Informatik Spektrum 43/, S. 85–93, 2020, URL: <https://doi.org/10.1007/s00287-020-01247-6>, Stand: 29. 06. 2021.

- [KMK19] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), Hrsg.: Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“, Berlin, 2019.
- [MNW20] Medienberatung NRW, Hrsg.: Medienkompetenzrahmen NRW, 2020, URL: https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Broschuere.pdf, Stand: 29.06.2021.
- [MSB20a] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB), Hrsg.: Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht. 2019/20. Statistische Übersicht Nr. 408 (Amtliche Schuldaten), 2020, URL: https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/quantita_2019.pdf, Stand: 29.06.2021.
- [MSB20b] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB), Hrsg.: Lehrplan Sachunterricht, Entwurf Verbändebeteiligung, 4. Dez. 2020, URL: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_gs/vb/ps_su_lpentwurf_vb_2020_12_04.pdf, Stand: 29.06.2021.
- [OECD20] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Hrsg.: Learning remotely when schools close: How well are students an schools prepared? Insights from PISA. 2020.
- [Pe10] Peschel, M.: kidipedia – Präsentieren von Sachunterrichtsergebnissen im Internet. In (Peschel, M., Hrsg.): Neue Medien im Sachunterricht. Gestern – Heute – Morgen. Schneider Verlag, Hohengehren, S. 71–78, 2010.
- [Pe19] Peschel, M.; Gervé, F.; Irion, T.; Gryl, I.; Schmeinck, D., Hrsg.: Sachunterricht und Digitalisierung. Positionspapier der GDSU (2019) – erarbeitet von der AG „Medien und Digitalisierung“, 2019, URL: https://www.researchgate.net/publication/336899363_Sachunterricht_und_Digitalisierung, Stand: 29.06.2021.
- [Sc01] Schwill, A.: Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen? Eine Studie über informatische Fähigkeiten von Kindern. In (Keil-Slawik, R.; Magenheimer, J., Hrsg.): Informatikunterricht und Medienbildung. INFOS 2001 – 9. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Paderborn, S. 13–30, 2001.
- [Sc93] Schwill, A.: Fundamentale Ideen der Informatik. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik (ZDM) 25/01, S. 20–31, 1993.
- [St18] Straube, P.; Brämer, M.; Köster, H.; Romeike, R.: Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht, Fachdidaktische Überlegungen und Implikationen. www.widerstreit-sachunterricht.de 24/, S. 20–31, 2018.

Einsatz eines für den Unterricht konzipierten Mikrocontrollers im ersten Modul der Informatikausbildung von angehenden Lehrkräften der Sekundarstufe I

Thomas Schmalfeldt¹

Abstract: Bei der Ausbildung von zukünftigen Informatiklehrkräften sind die Pädagogischen Hochschulen in der Schweiz gegenwärtig meist noch mit der Herausforderung konfrontiert, Studierende zu qualifizieren, die während ihrer eigenen Schulzeit keinen Informatikunterricht hatten und deshalb in der Regel noch kein entsprechendes Fachwissen aufbauen konnten. Vor diesem Hintergrund wird ein Ausbildungskonzept vorgestellt, auf dessen Basis angehende Sekundarstufenlehrkräfte im ersten von zwei einsemestrigen Informatikmodulen mithilfe des in der Zielstufe einsetzbaren Mikrocontrollers Calliope mini praxisnah in die Grundlagen der Informatik eingeführt werden. Im Zentrum des Konzepts steht neben dem Erwerb von Programmierkompetenzen der Aufbau des für die Unterrichtstätigkeit notwendigen Fachwissens zu den Lehrplanbereichen „Datenstrukturen“, „Algorithmen“ und „Informatiksysteme“. Die konzeptionellen und methodisch-didaktischen Überlegungen werden anhand von Umsetzungsbeispielen, die sich auf konkrete Kompetenzstufenformulierungen aus dem Lehrplan beziehen, veranschaulicht. Ebenfalls vorgestellt werden die Ergebnisse der Leistungsüberprüfung, auf deren Grundlage im Sinne einer ersten Evaluation eine vorläufige Einschätzung der Eignung des Ausbildungskonzepts für den hochschuldidaktischen Kontext vorgenommen wird.

Keywords: Ausbildung Informatiklehrkräfte; Calliope mini; Einführung Informatik; Sekundarstufe I

1 Einleitung

Mit der Einführung des Lehrplans 21 in allen Deutschschweizer Kantonen wurde die Informatik als Teil von „Medien und Informatik“ in den obligatorischen Fächerkanon aufgenommen [D-16]. „Medien und Informatik“ nimmt dabei insofern eine spezielle Rolle ein, als der Aufbau der im Lehrplan aufgeführten Kompetenzen neben den curricular vorgeschriebenen, explizit auf das Fach bezogenen Lektionen im 5., 6., 7. und 9. Schuljahr integrativ in den anderen Fächern zu erfolgen hat. Für die Erteilung des fachspezifischen Unterrichts wurden in einer ersten Phase der Lehrplaneinführung bestehende Lehrkräfte berufsbegleitend weitergebildet (z. B. [SRS19]). Mittlerweile wurden an den Pädagogischen Hochschulen aber auch neue Studienangebote konzipiert, damit angehende Lehrkräfte die Unterrichtsbefähigung für „Medien und Informatik“ bereits während des regulären Studiums erwerben können (z. B. [DH17] und [GZ19]). Im Schweizer Schulsystem verfügen sämtliche Lehrkräfte der Sekundarstufe I (7. bis 9. Schuljahr) über eine eidgenössisch anerkannte Unterrichtsbefähigung in vier Schulfächern. Die einzelnen Pädagogischen

¹ Pädagogische Hochschule Zürich, Didaktik der Informatik, Zürich, Schweiz thomas.schmalfeldt@phzh.ch

Hochschulen haben jedoch unterschiedliche Konzepte zur Integration von „Medien und Informatik“ in das Lehramtsstudium entwickelt. Das im vorliegenden Beitrag vorgestellte Konzept der Pädagogischen Hochschule Zürich sieht „Medien und Informatik“ nicht als eines der vier obligatorisch zu belegenden Fächer des Regelstudiums vor, sondern als Zusatzqualifikation, die im Masterstudiengang erworben werden kann. Dies ermöglicht es den Studierenden später in ihrem Unterricht, den Kompetenzaufbau der Schülerinnen und Schüler in „Medien und Informatik“ niederschwellig mit den anderen vier von ihnen unterrichteten Fächern zu verknüpfen. Für das Wahlfach stehen aufgeteilt auf fünf Module insgesamt 15 ECTS-Punkte zur Verfügung, wobei sich je zwei Module ausschließlich auf Informatik bzw. Medienbildung beziehen und ein weiteres Modul die je spezifischen Inhalte übergreifend in einer Gesamtbetrachtung behandelt. Der Fokus dieses Beitrags liegt fortan auf der Informatikausbildung, insbesondere auf dem ersten Informatikmodul.

2 Curriculumsentwicklung

2.1 Fachliche Anforderungen

Nach Shulman gehört das Fachwissen neben pädagogischem Wissen und fachdidaktischem Wissen zum Kern des Professionswissens von Lehrkräften [Sh86]. Da Shulman das Fachwissen nicht genauer spezifiziert hatte, wurde dies in der COACTIV-Studie exemplarisch für Mathematik vorgenommen [Kr08]:

Ebene 1: Mathematisches Alltagswissen, über das grundsätzlich alle Erwachsenen verfügen sollten.

Ebene 2: Beherrschung des Schulstoffs, so wie es von durchschnittlichen bis guten Schülerinnen und Schülern der jeweiligen Klassenstufe erwartet wird.

Ebene 3: Tieferes Verständnis der Fachinhalte des Curriculums der Sekundarstufe (z. B. auch „Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus“, wie sie an der Universität gelehrt wird).

Ebene 4: Reines Universitätswissen, das vom Curriculum der Schule losgelöst ist.

Krauss et al. wählten in ihrer Studie Ebene 3 für die Erhebung des mathematischen Fachwissens von Lehrkräften [Kr08]. Für die Informatik kann analog auf diese vier Ebenen zurückgegriffen werden, wobei die fachlichen Bezüge entsprechend adaptiert werden müssen. Während in Mathematik jedoch angenommen werden kann, dass die Studierenden zu Beginn des Studiums in der Regel mindestens Ebene 2 erreicht haben, ist dies in Informatik zum jetzigen Zeitpunkt nicht erwartbar. Denn die Studierenden, die in der Schweiz zurzeit an Pädagogischen Hochschulen studieren, hatten in ihrer eigenen Schulzeit noch keinen obligatorischen Informatikunterricht erhalten, weshalb gegenwärtig lediglich von Fachwissen auf Ebene 1, das heißt von informatischem Allgemeinwissen, ausgegangen

werden kann. In einer ersten Phase des Studiums müssen daher zuerst die im Lehrplan vorgegebenen Grundlagen aufgebaut werden (Ebene 2), bevor in einer zweiten Phase eine curriculare Überhöhung (Ebene 3) angestrebt werden kann.

2.2 Ziele des ersten Informatikmoduls

Für den Aufbau der fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen der zukünftigen Informatiklehrkräfte stehen im Konzept der Pädagogischen Hochschule Zürich 6 ECTS-Punkte zur Verfügung, was einem maximalen Workload von 180 Arbeitsstunden entspricht. Bei der Entwicklung der Zusatzausbildung musste zum einen berücksichtigt werden, dass die meisten Studierenden, wie bereits festgehalten, während ihrer Schulzeit selbst noch keinen Informatikunterricht besucht hatten, und zum anderen, dass einige von ihnen die Zusatzqualifikation mit einem größeren Interesse an Medienbildung als an Informatik wählen würden. Bei der ersten Durchführung im Herbstsemester 2019 hatten sich von den insgesamt 93 für den Besuch von Wahlfächern zugelassenen Studierenden 49 für „Medien und Informatik“ angemeldet (acht davon absolvierten die Module im Fernstudium während des Auslandsemesters); 43 der Teilnehmenden gaben an, keine Programmierkenntnisse zu besitzen, die restlichen sechs bezeichneten ihr Vorwissen als rudimentär. In Bezug auf die je nach fachlicher Ausrichtung obligatorisch zu studierenden Profulfächer hatten sich zu Studienbeginn 28 für Mathematik entschieden, während 21 Deutsch gewählt hatten.

Angesichts des tatsächlich nur marginal vorhandenen Fachwissens bestätigte sich die konzeptuelle Vorannahme, dass im Wahlfach zuerst der Aufbau des elementaren Schulstoffs im Vordergrund zu stehen habe. Dies hat den Vorteil, dass Fachdidaktik und Fachwissenschaft gemäß dem Konzept des „didaktischen Doppeldeckers“ verbunden werden können. Im Hinblick auf die fachliche Überhöhung und die Tiefe des Fachwissens musste allerdings ein Kompromiss zwischen dem Möglichen und dem Wünschenswerten gesucht werden, da „Medien und Informatik“, wie ausgeführt, in der Volksschule fächerübergreifend konzipiert ist und deshalb eine möglichst breite Population von Studierenden mit verschiedenen Fächerprofilen angesprochen werden muss. Aus dieser Heterogenität der Perspektiven ergibt sich jedoch auch Potenzial für einen vielseitigen Blick auf Informatik und transdisziplinäre Diskussionen. Des Weiteren zielt die Ausbildung auf eine Erhöhung der Selbstwirksamkeit sowie das Hinterfragen und gegebenenfalls das neue Ausrichten von Überzeugungen hinsichtlich eines adäquaten Informatikunterrichts auf der Zielstufe.

Von den vierzehn Veranstaltungen des ersten Moduls wurde die Hälfte für das Programmieren eingesetzt, während sich die restlichen auf die übrigen Lehrplaninhalte bezogen und alternierend zu den Programmierveranstaltungen stattfanden. Dieselbe Aufteilung wurde auch im zweiten Informatikmodul gewählt, dessen Ziel in einer fachwissenschaftlichen Festigung und Überhöhung auf Ebene 3 besteht. In einem dritten Modul mit erweitertem Fokus werden verschiedene digitale Phänomene schließlich ganzheitlich aus den Perspektiven von Informatik und Medienbildung analysiert, wie dies auch im Dagstuhl-Dreieck [Br16] intendiert ist. Neue Programmierkonzepte werden dabei keine aufgebaut.

2.3 Didaktische Gestaltung und Inhalte des ersten Informatikmoduls

Die Entscheidung, die beiden Module zur Informatik auf der Grundlage des didaktischen Doppeldeckers zu konzipieren, legte nahe, den Aufbau der Informatikkompetenzen mithilfe des Calliope mini zu gestalten, weil die didaktischen Konzepte dadurch direkt mit dem auf der Zielstufe einsetzbaren Mikrocontroller vermittelt und erfahren werden können. In den einzelnen Veranstaltungen wurde bei der Erteilung der Aufträge stets darauf geachtet, dass diese sowohl die sich aus den verschiedenen Fächerprofilen ergebenden unterschiedlichen Zugänge der Studierenden als auch das jeweils individuelle Vorwissen in adäquater Weise berücksichtigten. Zu diesem Zweck wurden die inhaltlichen Merkmale (z. B. erforderliches Vorwissen), die innere Struktur (z. B. Offenheit, Komplexität) sowie die äußere Struktur (z. B. gestufte Aufgabengruppen) der Aufgabenstellungen differenzierend gestaltet (vgl. [LP16]). Vor allem zu Beginn des Semesters wurde in Kleingruppen an Projekten gearbeitet, in welchen das für das Physical Computing typische Erstellen von realen Prototypen eine wichtige Rolle einnahm. Dabei arbeiteten die Studierenden auch mit den für den Schulunterricht entwickelten Story und Skill Cards [Sc19]. Im weiteren Semesterverlauf wurde der Fokus in Partnerarbeit vermehrt auf eigentliche Programmierprojekte gesetzt, in denen zwar weiterhin mit dem Calliope mini, Sensoren und Aktoren gearbeitet wurde, die thematische Einbettung jedoch in den Hintergrund trat.

Da wie in Abschnitt 2.2 ausgeführt zunächst elementare Schulkenntnisse vermittelt werden sollten (Ebene 2) und danach, wenn möglich, eine fachwissenschaftliche Überhöhung anzustreben war (Ebene 3), wurden die im Lehrplan 21 aufgeführten Kompetenzstufen als Grundlage für die inhaltliche Ausrichtung der einzelnen Modulveranstaltungen herangezogen. Der Lehrplan gliedert Informatik in die drei Bereiche „Datenstrukturen“, „Algorithmen“ und „Informatiksysteme“. Exemplarisch wird im Folgenden aus jedem der drei Bereiche eine Kompetenzstufe ausgewählt und daran aufgezeigt, wie der Calliope mini eingesetzt wurde, um den Studierenden die entsprechenden Kompetenzen zu vermitteln. Ursprünglich bestand die Absicht, den Calliope mini so oft wie möglich einzubeziehen. Im Entwicklungsprozess wurde diese Absicht jedoch fallen gelassen, weil gewisse Inhalte dadurch unnötig komplizierter gemacht worden wären und das Leitziel des soliden Kompetenzaufbaus auf Ebene 2 aus dem Blick geraten wäre.

Datenstrukturen: „Die Schülerinnen und Schüler können Methoden zur Datenreplikation unterscheiden und anwenden (Backup, Synchronisation, Versionierung)“ (MI.2.1.k).

Für die Arbeit an dieser Kompetenzstufe wurde der Calliope mini selbst nur selten eingesetzt. Im Zentrum stand vielmehr eine vertiefte Auseinandersetzung mit dessen Programmierungsumgebung MakeCode (<https://makecode.calliope.cc>), die vorwiegend mit Plenuminputs sowie Aufträgen in Einzel- und Partnerarbeit erfolgte. Diese Fokussierung ermöglichte es, die Funktionsweise des Caches wie auch das Konzept von ausgeblendeten Dateien zu behandeln. Bei MakeCode werden die erstellten Programme auf der Startseite aufgeführt. Da kein Login vorhanden ist, können diese Informationen und Dateien nicht auf

einem Server abgelegt werden, sondern müssen auf dem eigenen Computer gespeichert sein, obwohl die Dateien nicht explizit heruntergeladen wurden. Die Dateien liegen somit nur lokal vor und werden bei einem Backup der eigenen Dateien nicht gesichert, da sie sich an einem anderen Ort in der Dateienstruktur befinden und zum Beispiel gelöscht werden, wenn der Cache geleert wird. Des Weiteren werden die Programme nicht im Cache gespeichert, wenn das Browserfenster im Privat-Modus geöffnet wurde. Für eine Datenreplikation muss deshalb eine Variante gewählt werden, die über die heruntergeladenen hex-Dateien funktioniert.

Vor diesem Hintergrund wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Backuperstellung behandelt. In der aktuellen Version von MakeCode ist es auch möglich, die Dateien in Github zu speichern. Dieses Vorgehen ist für den Schuleinsatz eher nicht geeignet, erlaubt es aber, in der Ausbildung auf den Aspekt der Versionierung einzugehen. Werden die Daten lokal gespeichert, ist die Versionierung schwieriger umzusetzen. Während zum Beispiel bei der Textverarbeitung mit „Speichern unter“ mittels einer Änderung des Dateinamens verschiedene Versionen eines Dokuments erstellt werden können, ist dies in MakeCode nicht möglich. Ein Programmname lässt sich nur ändern, wenn das Programm im Editor geöffnet wird. Dies erzeugt jedoch keine Kopie der Datei, sondern die bestehende Datei erhält lediglich einen anderen Namen. Eine Versionierung kann daher nur über das regelmäßige Herunterladen der hex-Datei und bei Bedarf durch anschließendes Importieren in MakeCode vorgenommen werden. Eine weitere Variante besteht darin, dass das bestehende Programm im JavaScript-Modus markiert, kopiert und in ein neues Programm eingefügt wird, wobei jedoch die Anordnung der Blöcke verloren geht.

Eine weitere Möglichkeit, das Thema „Datenreplikation“ zu behandeln, ist der Weg über das Teilen eines Projekts. Zu diesem Zweck wird das Programm mit einer eindeutigen Identifikation auf einem Server gespeichert, wonach es über einen Link, der beliebig geteilt werden kann, abrufbar ist. Durch das Öffnen des Programms über den Link und das Klicken auf „Bearbeiten“ wird eine lokale Kopie erstellt, die auf dem jeweiligen Computer im Cache gespeichert wird. Wird am Programm weitergearbeitet, wird der aktuelle Stand jeweils nur auf dem betreffenden Computer gespeichert, weshalb sich am geteilten Programm nichts ändert. Da somit mit individuellen Kopien gearbeitet wird, ist das kollaborative Arbeiten an einem Programm nicht möglich. Vor diesem Hintergrund konnte sodann auf die Unterschiede zwischen Backup und Synchronisation eingegangen werden. Zudem wurde in diesem Kontext – obwohl dies eigentlich nichts mit Datenreplikation zu tun hat – auch die Cookie-Warnung in MakeCode analysiert und festgestellt, dass diese Cookies zwar als Dateien auf den Computern vorhanden sind, die eigentlichen Informationen aber über eine ID auf einem Server abgelegt werden und daher nicht eingesehen werden können.

Algorithmen: „Die Schülerinnen und Schüler können selbstentdeckte Lösungswege für einfache Probleme in Form von lauffähigen und korrekten Computerprogrammen mit Schleifen, bedingten Anweisungen und Parametern formulieren“ (MI.2.2.g).

Wie in Abschnitt 2.1 ausgeführt, kann der größte Teil der Studierenden in der Regel keine Programmiererfahrungen vorweisen. Durch die Verwendung einer blockbasierten Programmierumgebung, wie sie auch in der Zielstufe verwendet wird, können sie deren Vorteile (z. B. Überblick über die vorhandenen Funktionen und Parameter, Vermeidung von Syntaxfehlern) und Nachteile (z. B. Schwerfälligkeit bei größeren Programmen) selbst erfahren.

Die Programmierkompetenzen wurden mit der Methode „Flipped Classroom“ aufgebaut. Zu diesem Zweck wurden auf einer Lernplattform Lernvideos zur Verfügung gestellt. Die mit den Videos abgedeckten Lernziele mussten zusammen mit Übungen und Quiz auf die jeweilige Präsenzveranstaltung hin erarbeitet werden. In den Veranstaltungen selbst fanden praktische Umsetzungen zur Festigung der Kompetenzen statt. Zu diesem Zweck wurde das Konzept des didaktischen Doppeldeckers so genutzt, dass die Studierenden verschiedene Methoden (z. B. Pair Programming) selbst ausprobieren konnten. Da einige der Programme nicht wie intendiert liefen, konnten mit Blick auf den künftigen Einsatz im Unterricht zum einen verschiedene Debugging-Methoden vorgestellt werden und zum anderen konnten die Studierenden für die spätere Schulpraxis relevante Erfahrungen mit dem Nachvollziehen von Programmen anderer Personen, der Fehlersuche und dem Prinzip der minimalen Hilfe sammeln. Durch die aktive Arbeit mit dem Calliope mini in den Programmierveranstaltungen wurden die Studierenden auch mit den Einschränkungen und „Tücken“ des Mikrocontrollers konfrontiert. So bestand in vielen Projekten die Absicht, gleichzeitig Motoren anzuschließen und Klänge abzuspielen, was aufgrund der Doppelbelegung der Pins jedoch nicht möglich ist. Obwohl mehrfach darauf hingewiesen worden war, dass auf die Anschlüsse der externen Batterie für die Motorsteuerung zu achten sei, kam es des Weiteren einige Male vor, dass die Anode und die Kathode an die falschen Pins angelegt wurden, was zu einer Erwärmung des Calliope mini führte, die einen irreparablen Defekt zur Folge haben könnte. Das oben erwähnte Debugging wurde zusätzlich dadurch erschwert, dass gewisse externe Bauteile kaputt waren oder einen Wackelkontakt aufwiesen, was aber auch den Vorteil hat, dass das Informatiksystem so als Ganzes verstanden werden muss. Neben Gelegenheiten für eigene Erfahrungen mit verschiedenen Schwierigkeiten erlaubte es die intensive Arbeit mit dem Calliope mini überdies, den je nach Projekt stark variierenden Komplexitätsgrad von Programmieraufgaben aufzuzeigen. Während sich zu Beginn noch beobachten ließ, dass die Studierenden zu schnell relativ komplexe Projekte angegangen waren, veränderte sich ihre Herangehensweise im Laufe der Zeit. Es wurde vermehrt getestet und die Projekte wurden schrittweise aufgebaut, damit die Fehlerquelle bei einem unerwarteten Verhalten eines Programms einfacher eruiert werden konnte.

Ursprünglich war auch vorgesehen, dass die verschiedenen Sortieralgorithmen programmiert werden sollten. Dieses Vorhaben wurde jedoch bereits während der Modulentwicklung verworfen, da Zahlenlisten auf dem Calliope mini nicht sinnvoll dargestellt werden können und sich die Blockprogrammierung hierfür nur bedingt eignet. Die verschiedenen Algorithmen wurden daher in der CS-unplugged-Methode vorgestellt und analysiert, während die Umsetzung in die Programmierung im Folgemodul textbasiert in Processing umgesetzt werden sollte.

Informatiksysteme: „Die Schülerinnen und Schüler kennen die wesentlichen Eingabe-, Verarbeitungs- und Ausgabeelemente von Informatiksystemen und können diese mit den entsprechenden Funktionen von Lebewesen vergleichen (Sensor, Prozessor, Aktor und Speicher)“ (MI.2.3.1).

Beim Aufbau dieser Kompetenz können die Stärken der Arbeit mit einem Mikrocontroller umfassend genutzt werden. Der Calliope mini besitzt auf der Platine in stark reduzierter Form, aber dennoch gut sichtbar verbaut viele Komponenten, die auch bei einem gewöhnlichen Laptop vorhanden sind. Dies eröffnet einen einfachen Zugang zur Funktionsweise und zum Aufbau von Laptops im Speziellen und zu Informatiksystemen im Allgemeinen. Die beiden Knöpfe A und B können beispielsweise als minimalistische Tastatur gesehen werden, anhand derer u.a. das Konzept der Events besprochen werden kann. Die Feststellung wiederum, dass das auf dem Calliope mini verbaute Thermometer in den meisten Fällen Werte erzeugt, die deutlich von den tatsächlichen Umgebungstemperaturen (welche mit einem an den Calliope mini angeschlossenen externen Temperatursensor gemessen werden können) abweichen, lässt sich dadurch begründen, dass das Thermometer im Prozessor verbaut ist und eigentlich dessen Temperatur misst. Davon ausgehend kann besprochen werden, warum Prozessoren heiß werden, was geschieht, wenn eine gewisse Temperatur überschritten wird, und welche Methoden der Kühlung es gibt. Zur Klärung dieser Fragen müssen der Aufbau und die Funktionsweise von Prozessoren erarbeitet werden. Eine weitere Parallele zu einem Laptop bildet das Display. Anhand der 5x5-LED-Matrix lassen sich die Darstellung von Zeichen mit Pixeln sowie das in der Informatik verwendete spezielle Koordinatensystem mit Ursprung oben links illustrieren, wobei Letzteres mit dem aus dem Mathematikunterricht bekannten Koordinatensystem verglichen werden kann. Ebenfalls aufgezeigt werden konnten Gemeinsamkeiten mit Smartphones und Tablets. So wurden der im Calliope mini verbaute Lagesensor und der Kompass in ihrer Funktionsweise besprochen. Die Verbindung des Calliope mini mit einem Tablet ermöglichte des Weiteren eine Einführung in Bluetooth, während die Nutzung der seriellen Schnittstelle als Anlass zur Erklärung von USB-Verbindungen diente.

Eine von Schülerinnen und Schülern oft nicht erkannte Fehlerquelle bilden die beiden Grove-Schnittstellen. Die beiden Stecker sind zwar baugleich, aber es werden zwei verschiedene Protokolle (I²C und UART) verwendet. Aus diesem Grund können externe Grove-Sensoren zwar an beiden Schnittstellen angeschlossen werden, liefern jedoch nur bei einer Schnittstelle sinnvolle Werte. Die beiden Protokolle wurden mit den Studierenden besprochen und miteinander verglichen.

3 Evaluation

Nach dem Abschluss des ersten Moduls in der Kohorte 2019 wurden die Kompetenzen der Studierenden evaluiert. Dies erfolgte zum einen, um die Zielerreichung für das Bestehen des Moduls zu überprüfen, und zum anderen, um Anhaltspunkte für eine erste Einschätzung der Wirksamkeit des Ausbildungskonzepts gewinnen zu können.

3.1 Methodik und Durchführung

In der letzten Modulveranstaltung wurde eine computerunterstützte Leistungsüberprüfung durchgeführt. Diese bestand aus vier Teilen, die verschiedene Kompetenzen von Informatiklehrkräften abdeckten:

- *Fachwissen* (maximal 16 Punkte): Die Studierenden hatten Multiple-Choice-Fragen zu theoretischen Konzepten der Informatik zu beantworten.
- *Analyse von Programmen* (maximal 3 Punkte): Die Studierenden hatten die Funktionsweisen eines lauffähigen Programms anhand eines Schnappschusses aus MakeCode in offener Textform zu beschreiben.
- *Fehlersuche und -korrektur* (maximal 3 Punkte): Die Studierenden hatten anhand der Beschreibung der intendierten Funktionsweise und eines Schnappschusses einer fehlerhaften Umsetzung eines Programms in offener Textform die Fehler zu erläutern und mögliche minimale Korrekturen vorzuschlagen.
- *Programmierkenntnisse* (maximal 10 Punkte): Die Studierenden hatten einen mehrschrittigen Programmierauftrag in MakeCode umzusetzen. Da die Nutzung von MakeCode in den ersten drei Teilen der Prüfung untersagt war, mussten diese abgeschlossen werden, bevor mit dem Programmierauftrag begonnen werden konnte.

Die ersten drei Teile wurden mittels eines Tests auf der Lernplattform ILIAS absolviert. Im vierten Teil arbeiteten die Studierenden zunächst in MakeCode und hatten den dort erzeugten Link zu ihrem Programm anschließend ebenfalls auf ILIAS einzugeben. Die Prüfung wurde auf hochschuleigenen Laptops, die nur für Prüfungszwecke eingesetzt werden, im Safe-Exam-Browser (<https://safeexambrowser.org/>) mit allen Studierenden zeitgleich vor Ort durchgeführt.

3.2 Auswertung und Interpretation

Für das Bestehen der Prüfung mussten mindestens 60 Prozent der maximalen Punktzahl (19.2 von 32 Punkten) erreicht werden. Diese Anforderung wurde von 37 der 41 Teilnehmenden erfüllt. Zehn Studierende holten bei allen vier Teilen über 60 Prozent der Punkte, während ein Student in keinem der Teile über 60 Prozent der Punkte zu erzielen vermochte. Die statistischen Werte können Tabelle 1 entnommen werden. Für die Untersuchung von Zusammenhängen wurden Korrelationen nach Pearson berechnet. Das Fachwissen und die Programmierkompetenz korrelieren stark positiv miteinander ($r = 0.544$, $p < 0.001$). Eine mögliche Erklärung für diesen Befund liegt darin, dass diese beiden Bereiche infolge der jeweils hohen Maximalpunktzahl umfassender überprüft wurden, was denjenigen Studierenden einen Vorteil verschaffte, die sich intensiv mit dem Prüfungsstoff auseinandergesetzt hatten. Zwischen weiteren Variablen liegen zwar mittlere Korrelationen vor; sie sind mit

$r > 0.05$ jedoch nicht signifikant, sodass diesbezüglich keine statistisch gestützten Aussagen gemacht werden können.

Die Prüfung war so konzipiert worden, dass 40 Prozent der Punkte dem Wissen auf Ebene 2 entsprachen. Die Auswertung ergab, dass alle Studierenden über das auf dieser Ebene erforderliche Informatikwissen verfügten, und zwar selbst diejenigen, welche die Prüfung letzten Endes nicht bestanden hatten. Dies lässt den Schluss zu, dass ein Ausbildungsziel erreicht werden konnte, das heißt, dass sich die zukünftigen Lehrkräfte mindestens diejenigen Kompetenzen, die auf der Zielstufe vermittelt werden sollen, angeeignet hatten und bereits eine gewisse curriculare Überhöhung stattgefunden hatte. Dadurch, dass der Calliope mini im Folgemodul erneut eingesetzt wird, können die schulrelevanten Kompetenzen, zumindest im Bereich des Programmierens, weiter vertieft, flexibilisiert und gefestigt werden.

	Fachwissen	Analyse	Fehler	Programmieren	Total
arithm. Mittel	10.53	2.19	1.27	7.80	21.79
Standardabw.	1.36	0.89	0.94	2.27	3.82
Min./Max.	6.6/13	0/3	0/3	1/10	11/28.4
Stud. > 60%	73.17%	73.17%	36.59%	85.37%	90.24%

Tab. 1: Auswertung der Prüfungsergebnisse

4 Fazit und Ausblick

Obwohl der praxisnahe Einstieg in die Informatik nicht den gängigen didaktischen Herangehensweisen in der Hochschullehre entspricht, hat sich dieser Zugang im vorgestellten Modul bewährt. Gerade unter den gegebenen fachlichen Voraussetzungen der Studierenden und mit Blick auf den Unterricht auf der Zielstufe scheint der Einsatz des Mikrocontrollers Calliope mini eine geeignete Option darzustellen. Die von einigen Studierenden zu Beginn mehrfach geäußerte Befürchtung, dass sie vor allem beim Programmieren überfordert sein würden, konnte gemäß Aussagen, die bei der mündlich im Plenum erfolgenden Modulauswertung geäußert wurden, zu einem großen Teil ausgeräumt werden. Denn durch den Einstieg über das blockbasierte MakeCode konnten die Studierenden zwar gefordert und gefördert werden; einer andauernden Überforderung wurde mittels der in Abschnitt 2.3 dargelegten Differenzierung der in den Modulveranstaltungen zu bearbeitenden Aufträge jedoch von Beginn an gezielt entgegengewirkt. Motivierend war den Rückmeldungen der Studierenden zufolge zudem, dass der direkte Bezug zum Schulfeld und somit die Sinnhaftigkeit des zu lernenden Stoffs durch den auf der Zielstufe einsetzbaren Calliope mini offensichtlich waren.

Auch die im Modul vorwiegend eingesetzte didaktische Methode „Flipped Classroom“ wurde in der Modulauswertung mehrfach lobend erwähnt. Gerade Studierende ohne oder mit nur wenigen Programmiererfahrungen hatten es geschätzt, dass sie die erforderlichen Kompetenzen in ihrem eigenen Tempo aufbauen und auch später wieder auf die auf der Lernplattform zur Verfügung gestellten Videos zurückgreifen konnten. Andere Studierende hatten zu Beginn des Moduls die Kritik geäußert, dass die Videos ihres Erachtens zu

kleinschrittig konzipiert worden seien und nicht schneller abgespielt werden konnten. Das vorgestellte Modul wird fortlaufend weiterentwickelt und punktuell angepasst oder erweitert. So wird in Zukunft das Thema des Internetzugangs durch ein WiFi-Modul integriert, was die Möglichkeit bietet, Fragen im Bereich des „Internet of Things“ zu behandeln. Substanziellere konzeptuelle Überarbeitungen werden jedoch erforderlich werden, wenn in einigen Jahren die ersten Studierenden ihr Studium aufnehmen, die sich während der eigenen Schulzeit den Vorgaben des Lehrplans 21 entsprechend schon erste Programmierkenntnisse aneignen konnten und somit bereits über Kompetenzen auf Ebene 2 verfügen. Auf dieser Grundlage dürfte das nächsthöhere Ziel, dass zukünftige Informatiklehrkräfte über Fachwissen auf Ebene 3 und somit über ein vertieftes Verständnis der Fachinhalte des Curriculums der Sekundarstufe I verfügen, einfacher zu erreichen sein.

Literatur

- [Br16] Brinda, T.; Diethelm, I.; Gemulla, R.; Romeike, R.; Schöning, J.; Schulte, C. et al.: Dagstuhl-Erklärung: Bildung in der digital vernetzten Welt./, 2016.
- [D-16] D-EDK, D.E.-K.: Lehrplan 21: Medien und Informatik./, https://v-fe.lehrplan.ch/container/V_FE_DE_Modul_MI.pdf, 2016.
- [DH17] Döbeli Honegger, B.; Hielscher, M.: Vom Lehrplan zur LehrerInnenbildung – Erste Erfahrungen mit obligatorischer Informatikdidaktik für angehende Schweizer PrimarlehrerInnen. In (Diethelm, I., Hrsg.): Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. GI, Bonn, S. 97–107, 2017.
- [GZ19] Gumpert, A.; Zaugg, P.: Fit für den Lehrplan 21 – Wie Klassenlehrpersonen auf den Informatikunterricht vorbereitet werden (können). In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle, Lecture Notes in Informatics (LNI). GI, Bonn, S. 201–210, 2019.
- [Kr08] Krauss, S. e. a.: Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. Journal für Mathematikdidaktik 29/3/4, S. 223–258, 2008.
- [LP16] Leuders, T.; Prediger, S.: Flexibel differenzieren und fokussiert fördern im Mathematikunterricht. Cornelsen, Berlin, 2016.
- [Sc19] Schmalfeldt, T.: Einsatz von Skill Cards und Story Cards für einen kreativitätsfördernden Informatikunterricht auf der Sekundarstufe I. In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle, Lecture Notes in Informatics (LNI). GI, Bonn, S. 305–314, 2019.
- [Sh86] Shulman, L. S.: Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher 15/2, S. 4–14, 1986.
- [SRS19] Schifferle, T.; Rösch, E.; Suter, P.: Wie gelingt eine obligatorische Weiterbildung für tausende von Lehrpersonen der Volksschule? In (Pasternak, A., Hrsg.): Informatik für alle, Lecture Notes in Informatics (LNI). GI, Bonn, S. 384, 2019.

Reflexionsförderung bei Lehramtsstudierenden durch den Einsatz von videobasierten Aufgaben

Johannes Fischer,¹ Martin Weinert²

Abstract: Im Informatikunterricht ist es notwendig, dass Lehrpersonen die mentalen Modelle ihrer Schülerinnen und Schüler diagnostizieren und auf diese reagieren können. Damit sie dies tun können, ist die Reflexionsfähigkeit der Lehrperson von entscheidender Bedeutung. Um diese bereits im Lehramtsstudium zu fördern, entwickeln wir verschiedene videobasierte Aufgabenformate mit dem fachlichen Schwerpunkt *Programmierung*. Im vorliegenden Beitrag stellen wir diese Aufgabenformate zusammen mit ihrem Entwicklungsprozess vor. Wir präsentieren dabei auch Erkenntnisse aus dem Einsatz dieser Aufgaben und den daraus resultierenden Plänen für ihre Weiterentwicklung.

Keywords: Lehrerbildung; videobasierte Aufgaben; Reflexion; Programmierung

1 Einleitung

Ein Problem im Lehramtsstudium ist der Mangel an schulischer Praxis. Lehramtsstudierende haben während ihres Studiums nur sehr begrenzte Möglichkeiten, realen Unterricht zu beobachten und eigene praktische Erfahrungen zu sammeln. Sie lernen beispielsweise nur aus abstrakter, forschungsorientierter Perspektive, wie Schülerinnen und Schüler lernen zu programmieren. Dadurch steigen sie mit wenig Erfahrung in den Vorbereitungsdienst ein und müssen die Denk- und Lernprozesse ihrer Schülerinnen und Schüler zunächst selbst kennenlernen.

Um diese Lücke zwischen universitärer Bildung und schulischer Praxis zu schließen, bieten sich videobasierte Aufgaben an. Hierzu gibt es bereits verschiedene Ansätze in unterschiedlichen Fächern [CT03; Ka06; SS14] und auch in der Informatik [BLR19]. Während diese Ansätze die Lehrtätigkeiten der Lehrerinnen und Lehrer fokussieren, richten wir den Blick auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler.

Dazu entwickeln wir videobasierte Aufgaben, die wir in Seminaren im Lehramtsstudium der Informatik einsetzen. Der fachliche Schwerpunkt liegt dabei auf dem Thema *Programmierung*. Durch die Aufgaben lernen die Studierenden, wie Schülerinnen und Schüler beim Programmieren vorgehen, wie man sie dabei unterstützen kann und welche Rolle die Prozessfokussierung beim Thema *Programmierung* spielt. Die Aufgabenformate sind dabei

¹ TU Dortmund, Fakultät für Informatik, Otto-Hahn-Straße 14, 44227 Dortmund, Deutschland johannes.fischer@cs.tu-dortmund.de

² TU Dortmund, Fakultät für Informatik, Otto-Hahn-Straße 14, 44227 Dortmund, Deutschland martin.weinert@cs.tu-dortmund.de

so gewählt, dass die Teilnehmenden zur Reflexion der Verhaltens der Schülerinnen und Schüler als auch des eigenen angeregt werden, um so im späteren Beruf auch auf neue Situationen angemessen reagieren zu können. In diesem Beitrag stellen wir die Aufgaben vor, die wir für das Seminar *Diagnose und individuelle Förderung* entwickelt haben und diskutieren Verbesserungsmöglichkeiten.

2 Projektstruktur und Begriffe

Das vorgestellte Projekt ist Teil einer fächerübergreifenden Kooperation, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert³ wird. Das Ziel ist, eine videobasierte Lernplattform für Lehramtsstudierende verschiedener Fachrichtungen zu entwickeln. Die Lernplattform stellt dazu Funktionen zum Annotieren, Codieren und Schneiden von Unterrichtsvideos bereit. Ein zentraler Aspekt ist dabei die Entwicklung von Aufgabenformaten zur Förderung von Reflexionskompetenzen. Die Aufgaben werden im Teilprojekt Informatik mit einem *design-based research*-Ansatz [GC06] entwickelt und erforscht. Sie basieren auf Videos programmierender Schülerinnen und Schüler, in denen ihr Computerbildschirm zu sehen ist. In einigen Aufnahmen sind zusätzlich Nebenansichten von Eingabegeräten und Notizen zu sehen [FRW20].

Im Bereich der Lehrerbildung herrscht einerseits Einigkeit über die Wichtigkeit von *Reflexionskompetenz*, andererseits ist die Bedeutung des Begriffs *Reflexion* aber immer noch nicht genau geklärt [CI15]. Basierend auf John Deweys Definition von Reflexion [De10, S.6] assoziieren wir den Begriff mit drei zentralen Fokuse: Diese sind (a) Vorstellungen und (vermeintliches) Wissen, (b) Gründe bzw. Ursachen und (c) abgeleitete Konsequenzen. Bei Fokus (a) wird zusätzlich noch zwischen Beschreibungen und Interpretationen unterschieden. Die Studierenden sollen also beispielsweise beschreiben (a), dass die Schülerinnen und Schüler das Schlüsselwort *String* nacheinander durch *init*, *Init* und *Int* ersetzen. Dies sollen sie als fehlschlagenden Versuch der Deklaration einer Integer-Variable interpretieren (a). Als Ursache (b) könnte fehlende Kenntnis der Schlüsselwörter für Datentypen oder sogar der grundlegenden Bedeutung von Datentypen genannt werden, was zur Folge (c) hätte, dass das Thema *Datentypen* mehr Beachtung im Unterricht finden muss.

3 Lerneinheiten

Im folgenden Abschnitt beschreiben wir die entwickelten Aufgaben und ihre Entstehungshintergründe. Neben den fachspezifischen Zielsetzungen, die zu den Einheiten jeweils beschrieben werden, legen wir bei der Planung der Aufgaben die folgenden allgemeinen Designprinzipien zugrunde:

³ Förderkennzeichen 16DHB2130

DP1: *Konstruktivistische Lernendenorientierung*: Basierend auf der Idee, dass Wissen immer auf bestehendem Wissen aufgebaut wird, lassen wir die Studierenden immer ihr bisheriges Wissen aktivieren und versuchen, dieses in die Arbeit zu integrieren.

DP2: *Tragen verschiedener Hüte* [HLR14, S.17]: Das *Tragen verschiedener Hüte* bedeutet, in der Lage zu sein, die Perspektive wechseln und Situationen aus verschiedenen Blickpunkten betrachten zu können. Dies gilt insbesondere für die Perspektive der Schülerinnen und Schüler und die der Lehrpersonen.

DP3: *Active-Learning-Based Teaching Model* [HLR14, S. 19]: Das Modell sieht die Stufen *Trigger*, *Lernaktivität*, *Diskussion* und *Zusammenfassung* vor. Die Studierenden werden also zunächst mit einer neuen Fragestellung konfrontiert (*Trigger*), bevor sie das zur Beantwortung notwendige Wissen erarbeiten (*Lernaktivität*), diskutieren und sichern.

Die entwickelten Aufgaben wurden in einem Seminar mit elf Lehramtsstudierenden der Informatik eingesetzt. Teil der Prüfungsleistung dieses Seminars war es, den eigenen Lernfortschritt in den einzelnen Einheiten zu beschreiben. Diese Beschreibungen wurden vom Seminarleiter hinsichtlich der Analyse-Fragestellungen *Wodurch wurden Lernprozesse ausgelöst?* (AQ1), *Wie haben die Studierenden die Aufgaben wahrgenommen?* (AQ2) und *Zu welchen Erkenntnissen sind die Studierenden gekommen?* (AQ3) untersucht. In den folgenden Unterabschnitten präsentieren wir die wichtigsten Antworten auf diese Fragen und diskutieren, welche Konsequenzen wir aus diesen Erkenntnissen ziehen.

3.1 Einheit 1: Produkte vs. Prozesse

In der Einheit *Produkte vs. Prozesse* sollen die Studierenden erkennen, dass die Produkte, die Schülerinnen und Schüler beim Bearbeiten von Aufgaben produzieren, alleine wenig Aussagekraft über ihre Programmierfähigkeiten besitzen. Sie sollen außerdem die Beobachtung der Schülerarbeit als nützliches Instrument zur Ermittlung individueller Vorstellungen und Wissensstände erkennen.

Bei der Tätigkeit des Programmierens handelt es sich um einen Prozess. Sowohl historische als auch neuere Definitionsversuche haben gemeinsam, dass sie von einem Vorgang sprechen [BI02]. Die Programmierfähigkeiten einer Person dürfen dann aber nicht nur am Endprodukt gemessen werden, da Lernende manchmal auch trotz nicht tragbarer Vorstellungen die zugehörigen Programmieraufgaben lösen können [Lu18; Ma07; MG02]. Für Lehrkräfte ist es daher wichtig, das Verhalten ihrer Schülerinnen und Schüler zu verstehen, damit sie sie bei eventuellen Schwierigkeiten unterstützen können [Lu18].

Um dies zu vermitteln, nutzt die vorgestellte Einheit Videoaufnahmen von zwei Schülern, die gemeinsam eine Diagnoseaufgabe bearbeiten. Die beiden Schüler gehen dabei verschiedenen Ideen nach, scheitern aber zunächst immer wieder. Letztendlich gelingt es ihnen, die Aufgabe zu lösen, was jedoch nicht auf planvollem Vorgehen basiert. Ausschnitte aus diesem Arbeitsprozess bilden das Videomaterial für die vorgestellte Einheit.

Verlauf

Zu Beginn tragen die Studierenden ihr Vorwissen zu Diagnose und Diagnoseaufgaben zusammen und ergänzen dieses durch Literatur [HLP07]. Im nächsten Schritt beschäftigen sich die Studierenden mit einer konkreten Diagnoseaufgabe und bearbeiten diese zunächst selbst. Sie versetzen sich also in die Lernendenperspektive, bevor sie in die Lehrendenperspektive wechseln und überlegen, welches Wissen und Können notwendig ist, um die Aufgabe zu lösen. Zusätzlich betrachten sie hypothetische Abgaben einer Schülergruppe und bewerten diese. Bei der anschließenden Diskussion stellen sie sich die Frage, ob die betrachteten Abgaben ausreichen, um wirklich auf den Wissensstand der Lernenden zu schließen.

Der nun folgende Schritt stellt den Kern der beschriebenen Einheit dar. In dieser betrachten die Studierenden Ausschnitte aus dem Arbeitsprozess zweier Schüler, die versucht haben, die zuvor untersuchte Diagnoseaufgabe zu lösen. Dabei sind sie aufgefordert zu beschreiben, welches Verhalten die Schüler zeigen, welchen Problemen sie begegnen und wie sie mit diesen umgehen. Außerdem sollen sie mögliche Vorstellungen und Ursachen für das beobachtete Verhalten vorschlagen und überlegen, ob und wie sie ggf. in die Situation eingreifen würden. In einer Diskussion kontrastieren sie ihre Ergebnisse wieder mit denen ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen.

In einem letzten Schritt sollen die Studierenden ihr Verständnis der Situationen weiter vertiefen. Dazu kodieren sie einen Teil der Sequenzen unter Anwendung eines induktiven Kodiervorgangs [Ma14] zunächst alleine. Anschließend erarbeiten sie mit je einer weiteren Person eine Teamlösung. Schließlich erstellen sie in Gruppen von je fünf bis sechs Studierenden Gruppenlösungen, die sie im Plenum vorstellen.

Beobachtungen

Die Videos wurden als nützlich empfunden, da sie es ermöglichten, sich mit der Denkweise der Schülerinnen und Schüler zu beschäftigen, was in Praktika bis dahin nicht möglich gewesen ist. Sie konnten zeigen, wie (Fehl-)Vorstellungen die Arbeitsweise der Schülerinnen und Schüler beeinflussen und so die Probleme der Lernenden ersichtlich machen. Das Betrachten der Arbeitsprozesse hat gezeigt, wie abwegig erscheinende Lösungsversuche aus Lernendensicht durchaus Sinn ergeben können. Die Studierenden kritisierten ferner, dass die Videoanalysen erst durch das Hinzuziehen der Literatur aus der zweiten Einheit (3.2) nützlich wurden und dass das Analysieren mehrerer Szenen hintereinander als kognitiv stark belastend empfunden wurde.

Die Studierenden gaben auch an, dass die häufigen Diskussionsphasen den Lernfortschritt stark beförderten. Der Grund hierfür war, dass in diesen Phasen ersichtlich wurde, dass das Lernendenverhalten unterschiedlich interpretiert werden kann. Dieser Effekt wurde insbesondere bei der letzten Aufgabe beobachtet, in der die Studierenden in immer größeren

Gruppen gemeinsame Codierungen erstellen mussten, beobachtet. Die Aufgabe wurde daher als sehr nützlich empfunden, obwohl das Identifizieren von zu codierenden Stellen besonders herausfordernd war.

Diskussion

Die überwiegend positiven Rückmeldungen zu dieser Einheit sprechen dafür, dass ihre Grundstruktur nicht verändert werden sollte. Die Schwierigkeit, bei der Codieraufgabe Schlüsselmomente zu identifizieren, könnte durch das Ersetzen der induktiven Vorgehensweise durch eine deduktive [Ma14] reduziert werden. Als Kodierschema könnten beispielsweise bekannte Tracing-Strategien [FST05] herangezogen werden. Die Problematik der fehlenden Literaturlbasis wird in Abschnitt 4 diskutiert.

3.2 Einheit 2: Vortragsblock

Ziel des Vortragsblockes ist es, den Studierenden eine theoretische Wissensbasis zu vermitteln, damit sie ihre naiven Analysen zu fundierten weiterentwickeln können. Diese Basis besteht aus Wissen über Fehlvorstellungen von Programmieranfängerinnen und -anfängern, über Faktoren, die deren Entstehung begünstigen, sowie über mögliche Maßnahmen, um ihnen entgegenzuwirken. Dadurch werden die mit Reflexion assoziierten Aspekte adressiert. Im ersten Durchgang des Seminars wurde festgestellt, dass die meisten Studierenden von den Vorträgen ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen wenig behalten haben.

Verlauf

Die Studierenden wählen einen Abschnitt aus *Students' Misconceptions and Other Difficulties in Introductory Programming: A Literature Review* [QL17] aus und bereiten einen Vortrag zu diesem vor. Damit die Kommilitoninnen und Kommilitonen mehr vom Vortrag behalten, stellen sie ihnen anschließend ein Handout und drei Multiple-Choice-Fragen als optionalen Selbsttest zur Verfügung.

Beobachtungen

Die Studierenden berichten, dass sie die Vortragsmethode grundsätzlich für geeignet halten, da sie durch das Vorbereiten eines Vortrags ihr eigenes Verständnis verbessert haben und die Inhalte insgesamt anschaulich dargestellt wurden. Ein Studierender bemerkte, dass er einige der im Text angesprochenen Fehlvorstellungen in den Videos wiedererkennen konnte. Gleichzeitig geben andere Studierende an, dass sie von den Vorträgen nur wenig in Erinnerung behalten hätten, was sich auch in den Ausarbeitungen zeigt (s. u.).

Diskussion

Das Problem, dass die Studierenden aus den Vorträgen ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen wenig mitnehmen, wurde durch Handouts und Selbsttests nicht gelöst. Daher erscheint eine Neustrukturierung dieser Einheit als sinnvoll. Denkbar wären hierzu eine Postersession, Videovorträge oder ganz andere Methoden, wie z. B. ein Gruppenpuzzle.

3.3 Einheit 3: Erklärvideos

Die Einheit *Erklärvideos* soll den Studierenden die Komplexität des Programmierprozesses bewusst machen. Sie soll außerdem zeigen, dass Videos geeignet sind, um den Lösungsprozess von Programmieraufgaben zu vermitteln und sie somit eine nützliche Unterstützung für den Schulunterricht sein können.

Bennedsen und Caspersen [BC05] postulieren, dass es ein Lernziel von Programmierunterricht sei, eine systematische Vorgehensweise zu vermitteln. Hierzu sei es notwendig, den Lernenden die Vorgehensweise explizit zu zeigen. Die Autoren illustrieren die Notwendigkeit mit einem Zitat von David Gries [Gr74], der einen Programmierkurs mit einem Schrankbau-Kurs vergleicht. Dort wäre es offensichtlich absurd, den Lernenden die Werkzeuge und das finale Produkt zu zeigen und anschließend zu erwarten, dass sie in der Lage wären, einen Schrank zu bauen. Watkins und Hufnagel [WH07] setzten in einem Hochschulkurs zum Thema Programmierung Videoaufnahmen ein, die den Lösungsprozess der Übungsaufgaben zeigten. Sie stellten fest, dass anschließend mehr Studierende eine Verbesserung in ihrer Leistung zeigten und weniger Fragen zu den in den Videos behandelten Themen gestellt wurden.

So entstand die Idee, dass Videos, in denen der Lösungsprozess erklärt wird, auch im Schulunterricht ein nützliches Unterstützungswerkzeug sein könnten. Ein erster Versuch zeigte, dass die Produktion eines solchen Videos die Komplexität des eigenen Vorgehens und der eigenen Gedankengänge bewusst macht. Durch diese Selbstbeobachtung könnte den Studierenden verdeutlicht werden, wie ihnen selbst simpel erscheinende Programmieraufgaben aus Schülersicht eine große Herausforderung darstellen können.

Verlauf

Den Studierenden werden zwei Programmieraufgaben und die zugehörigen Musterlösungen in unterschiedlicher Form präsentiert: Die Lösung der ersten Aufgabe besteht lediglich aus kommentiertem Programmcode, während die Lösung der zweiten zusätzlich ein Video bereitstellte, in dem der Programmierer die Lösung Schritt für Schritt entwickelt und verbal kommentiert. Die Studierenden vergleichen die Lösungen miteinander und überlegen, wie nützlich sie jeweils für Lernende sind. Zusätzlich überlegen sie, welche Informationen das

Video enthält, die in der rein textbasierten Lösung fehlen. Anschließend lernen sie eine mögliche Vorgehensweise beim Programmieren kennen [CK06] und vergleichen diese mit dem zuvor gesehenen Video.

Daraufhin folgt die zentrale Aufgabe dieser Einheit, die daraus besteht, selbst ein Erklärvideo anzufertigen. Dazu wählen die Studierenden eine geeignete Programmieraufgabe aus und zeichnen ihren Lösungsprozess zusammen mit verbalen Kommentaren auf. Anschließend geben sich die Studierenden in einem Peer-Feedback-Verfahren gegenseitig Rückmeldungen zu den Videos. Schließlich diskutieren sie die Möglichkeiten und Grenzen solcher Videos.

Beobachtungen

Einige Studierende stellten fest, dass der Lösungsprozess in Erklärvideos besser nachvollziehbar ist als allein auf Textbasis. Sie halten Erklärvideos für gut geeignet, um strukturierte Programmierung und bestimmte Verhaltensweisen zu vermitteln. Dabei bezogen sie sich speziell die Möglichkeit, die Nicht-Linearität des Programmierprozesses verdeutlichen zu können. Ebenso stellten sie fest, dass durch die Videos deutlich wird, dass der Lösungsprozess nicht fehlerfrei verlaufen muss. Dies kann als Gelegenheit genutzt werden, um beispielsweise den Umgang mit Fehlermeldungen und die Fehlersuche zu demonstrieren. Die Studierenden wiesen außerdem auf die Gefahr hin, dass auch schlechtes Verhalten durch Videos vermittelt werden kann.

Die Meinung der Studierenden zur Nützlichkeit von Erklärvideos ist nicht einheitlich. So gab ein Studierender an, die Erstellung eigener Erklärvideos als nicht sinnvoll anzusehen, da der Nutzen den Aufwand nicht rechtfertigt. Ein anderer Studierender wiederum berichtete, dass sich seine Meinung durch die Einheit völlig ins Gegenteil verändert hat. Während er zuvor keinen Nutzen gesehen hatte, sah er Erklärvideos nach der Einheit als nützliches Werkzeug für den Unterricht an.

Diskussion

Die Einheit scheint nützlich gewesen zu sein, da mehrere Studierende davon berichten, ihre Meinung geändert und überdacht zu haben. Einige bewerten sie als nützlichste Einheit des Seminars. Im nächsten Durchgang könnten Videos analysiert werden, in denen Schülerinnen und Schüler ihren Programmcode erklären, um den Einsatz als Diagnoseinstrument vorzuführen. Diese werden momentan in Kooperation mit einer Realschule entwickelt.

3.4 Einheit 4: Interviewanalysen

In dieser Einheit sollen die Studierenden Einzelgespräche mit Schülerinnen und Schülern sowohl als Diagnose-, als auch als Unterstützungsinstrument kennenlernen. Sie sollen dabei

üben, die mentalen Modelle der Lernenden aus ihren Aussagen zu rekonstruieren. Dazu analysieren sie Gespräche sowohl in text- als auch videobasierter Form.

Verlauf

Zunächst wird die Aufgabe *Interview with David* [HLR14] im Plenum unter Einsatz der Think-Pair-Share-Methode durchgeführt. Dabei lösen die Studierenden zunächst selbst eine Programmieraufgabe, bevor sie den Lösungsvorschlag des Schülers *David* analysieren. Anschließend untersuchen sie zwei Gesprächspassagen und versuchen, sowohl Davids mentale Modelle zu rekonstruieren, als auch Fragen vorzuschlagen, die ihm helfen sollen, seine Vorstellungen weiterzuentwickeln.

Bei der nächsten Aufgabe untersuchen sie ein Coachingvideo, in dem ein Lernender Programmieraufgaben bearbeitet und dabei Hilfestellungen von einem Coach bekommt. Die Studierenden suchen nach Szenen, in denen sie dem Verhalten des Coaches lernförderliches oder lernhinderliches Verhalten zuschreiben. Anschließend diskutieren sie die gewählten Szenen im Plenum.

Beobachtungen

Es wurde berichtet, dass die Diskussion von Schüleraussagen wichtig ist, da sie oft das einzige sind, das Lehrpersonen für die Diagnose nutzen können. Diesen Diskussionen und den Analysen wird zugeschrieben, zu einem besseren Verständnis der Denkprozesse geführt zu haben. Die Studierenden berichten, dass das Interviewvideo gezeigt hat, dass ein Coach auf sehr viele Aspekte achten muss, die Verständnisprobleme hervorrufen können. Ein Studierender berichtet, dass es dadurch manchmal nur schwer oder gar nicht möglich ist, ad-hoc-Diagnosen durchzuführen. Ein weiterer Studierender kritisierte die Länge des verwendeten Videos (ca. 1h).

Diskussion

Insgesamt scheint die Einheit zielführend gewesen zu sein. Dem zuletzt genannten Problem könnte begegnet werden, indem das Video in kurze Sequenzen geteilt wird, um gezieltere Analysen zu ermöglichen.

4 Ausblick

Es wurde deutlich, dass die entwickelten Aufgaben Wirkung gezeigt haben. Die Studierenden gaben an, die Versuche, Lern- und Denkprozesse nachzuvollziehen, als sehr nützlich erlebt

zu haben und halten sie aufgrund fehlender Praxiserfahrungen für wichtig. Wegen der COVID-19-Pandemie wurde das Seminar auf ein Onlineformat umgestellt. Dadurch wurden Kollaborationswerkzeuge stärker eingesetzt, was die Studierenden sehr positiv bewerteten.

Insgesamt hat der Einsatz des Mediums *Video* gezeigt, dass es die gestellten Erwartungen durchaus erfüllen kann, wenn es richtig eingesetzt wird. Daher werden wir in Zukunft versuchen, weitere Designprinzipien zu finden, die einen effektiven Einsatz von Videos in der Lehrkräftebildung unterstützen. Außerdem werden wir die vorgestellten Aufgabenformate weiter- und zusätzliche Einheiten neuentwickeln. Dazu werden wir zusätzliche Videos produzieren, analysieren und so aufbereiten, dass sie zur Verbesserung der Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium und langfristig auch in der 2. Ausbildungsphase beitragen.

Literatur

- [BC05] Bennedsen, J.; Caspersen, M. E.: Revealing the Programming Process. In: Proceedings of the 36th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education. SIGCSE '05, S. 186–190, 2005.
- [BI02] Blackwell, A. F.: What is programming? In (Kuljis, J.; Baldwin, L.; Scoble, R., Hrsg.): Proc. PPIG 14. 2002.
- [BLR19] Broneak, C.; Lucarelli, C.; Rosato, J.: Exploring the Use of Video Reflection as a Professional Development Tool. In: Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research. ICER '19, Association for Computing Machinery, Toronto ON, Canada, S. 293, 2019.
- [CK06] Caspersen, M. E.; Kölling, M.: A Novice's Process of Object-Oriented Programming. In: Companion to the 21st ACM SIGPLAN Symposium on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications. OOPSLA '06, S. 892–900, 2006.
- [CI15] Clarà, M.: What is Reflexion? Looking for Clarity in an Ambiguous Notion. Journal of Teacher Education 66/3, S. 261–271, 2015.
- [CT03] Cannings, T.; Talley, S.: Bridging the Gap between Theory and Practice in Preservice Education: The Use of Video Case Studies. In: Proceedings of the 3.1 and 3.3 Working Groups Conference on International Federation for Information Processing: ICT and the Teacher of the Future. Bd. 23. CRPIT '03, Australian Computer Society, Inc., Melbourne, Australia, S. 17–20, 2003.
- [De10] Dewey, J.: How we think. D. C. Heath & Co., Boston, 1910.
- [FRW20] Fischer, J.; Romahn, N.; Weinert, M.: Fostering Reflection in CS Teacher Education. A Video-Based Approach to Unveiling, Analyzing and Teaching Novices' Programming Processes. In (Kori, K.; Laanpere, M., Hrsg.): Proceedings of the International Conference on Informatics in School: Situation, Evaluation and Perspectives. Bd. 2755. CEUR Workshop Proceedings, CEUR-WS.org, S. 128–139, 2020.

- [FST05] Fitzgerald, S.; Simon, B.; Thomas, L.: Strategies That Students Use to Trace Code: An Analysis Based in Grounded Theory. In: Proceedings of the First International Workshop on Computing Education Research. ICER '05, Association for Computing Machinery, Seattle, WA, USA, S. 69–80, 2005, ISBN: 1595930434.
- [GC06] Gravemeijer, K.; Cobb, P.: Design research from a learning design perspective. Educational design research/, Jan. 2006.
- [Gr74] Gries, D.: What Should We Teach in an Introductory Programming Course? In: Proceedings of the Fourth SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education. SIGCSE '74, S. 81–89, 1974, ISBN: 9781450374835.
- [HLP07] Hußmann, S.; Leuders, T.; Prediger, S.: Schülerleistungen verstehen - Diagnose im Alltag. PM : Praxis der Mathematik in der Schule 49/, S. 1–9, Jan. 2007.
- [HLR14] Hazzan, O.; Lapidot, T.; Ragonis, N.: Guide to Teaching Computer Science: An Activity-Based Approach. Springer, London, 2014.
- [Ka06] Kale, U.; Hur, J. W.; Yerasimou, T.; Brush, T.: A Model for Video-Based Virtual Field Experience. In: Proceedings of the 7th International Conference on Learning Sciences. ICLS '06, International Society of the Learning Sciences, Bloomington, Indiana, S. 944–945, 2006.
- [Lu18] Luxton-Reilly, A.; Simon; Albluwi, I.; Becker, B. A.; Giannakos, M.; Kumar, A. N.; Ott, L.; Paterson, J.; Scott, M. J.; Sheard, J.; Szabo, C.: Introductory Programming: A Systematic Literature Review. In: Proceedings Companion of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. ITiCSE 2018 Companion, ACM, Larnaca, Cyprus, S. 55–106, 2018, ISBN: 978-1-4503-6223-8.
- [Ma07] Ma, L.; Ferguson, J.; Roper, M.; Wood, M.: Investigating the viability of mental models held by novice programmers. In: Proceedings of the 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE'07). ACM, New York, NY, USA, S. 499–503, 2007.
- [Ma14] Mayring, P.: Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solutions. Klagenfurt, 2014.
- [MG02] Madison, S.; Gifford, J.: Modular programming: novice misconceptions. Journal of Research on Technology in Education 34/3, S. 217–229, 2002.
- [QL17] Qian, Y.; Lehman, J.: Students' Misconceptions and Other Difficulties in Introductory Programming: A Literature Review, 2017.
- [SS14] Seidel, T.; Stürmer, K.: Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. American Educational Research Journal 51/4, S. 739–771, 2014.
- [WH07] Watkins, A.; Hufnagel, E. M.: Video Vignettes: Teaching Computer Programming to the MTV Generation. Decision Sciences Journal of Innovative Education 5/2, S. 391–395, 2007.

Konzeption und Erprobung eines handlungs- und problemorientierten Unterrichts unter Einsatz eines Mikrocomputers

Andreas Schnirch,¹ Nadine Ridinger,² Felix Weschenfelder³

Abstract: Vorgestellt wird die evaluierte MicroBerry-Lernumgebung, die aus verschiedenen differenzierten Unterrichtseinheiten besteht, mit denen sich Schüler*innen der Sekundarstufe I experimentell die Grundbausteine von Algorithmen erschließen können. Mit dem erworbenen Wissen realisieren die Schüler*innen anschließend eigene Projekte. Das Unterrichtskonzept wurde zunächst mit dem Raspberry Pi durchgeführt und evaluiert, mittlerweile aber auch an ein Arduino-System angepasst. Die Unterrichtseinheiten kommen regelmäßig an einem außerschulischen Lernort zum Einsatz, werden jedoch auch direkt vor Ort an Realschulen und Gymnasien durchgeführt. Entwickelt wurde die MicroBerry-Lernumgebung zusammen mit Studierenden im Rahmen von Informatikdidaktik-Veranstaltungen an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg. Die Studierenden haben außerdem die Möglichkeit, mit der MicroBerry-Lernumgebung Unterricht am außerschulischen Lernort oder auch an Schulen durchzuführen. Empirisch untersucht wurden Interessen- und Motivationsaspekte der Schüler*innen bei der Arbeit mit der Lernumgebung. Vorgestellt werden neben der didaktisch fundierten Konzeption der Lernumgebung auch die praktischen Erfahrungen bei der Durchführung der Unterrichtseinheiten.

Keywords: MicroBerry-Lernumgebung; Raspberry Pi; Grundbausteine von Algorithmen; Interesse und Motivation; außerschulischer Lernort

1 Einleitung

Die MicroBerry-Lernumgebung ist ein „Physical Computing System“ [PR13], das im Rahmen eines Entwicklungsprojekts entstanden ist. Es flossen dabei Erkenntnisse aus verschiedenen Informatikdidaktik-Seminaren, wissenschaftlichen Hausarbeiten und praktischen Unterrichtserfahrungen mit ein. Ziel war es, eine Lernumgebung zu gestalten, die Schüler*innen einen interessanten und motivierenden Zugang zu den Grundbausteinen von Algorithmen im informatischen Anfangsunterricht ermöglicht.

Die Lernumgebung wird regelmäßig an der MPDV-Junior-Akademie, einem außerschulischen Lernort, eingesetzt. Dort fanden auch die Evaluationen statt. Das besondere Konzept an der Akademie sieht vor, dass Informatik-Studierende der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, die im Rahmen von Didaktik-Seminaren die MicroBerry-Lernumgebung

¹ Pädagogische Hochschule Heidelberg, Institut für Mathematik und Informatik, INF 561, 69120 Heidelberg
schnirch@ph-heidelberg.de

² Max-Planck-Realschule Bretten, Max-Planck-Str. 5, 75015 Bretten Nadineridinger@web.de

³ Parking-Gemeinschaftsschule St. Leon-Rot, Wiesenstraße 4, 68789 St. Leon-Rot Felix_Weschenfelder@web.de

kennenlernen, vor Ort ihre Lehrexpertise ausbauen können, indem sie dort mit den Schülerinnen- und Schülergruppen den Unterricht durchführen. Mittlerweile kam die Lernumgebung aber auch an verschiedenen Schulen zum Einsatz. Im Rahmen des aktuell laufenden ERASMUS+ -Projekts „Robots Go Green“ wurde sie ebenfalls bereits verwendet. Abb. 1 zeigt das Ergebnis einer Projektarbeit im Rahmen eines Kurses an der MPDV-Junior-Akademie.

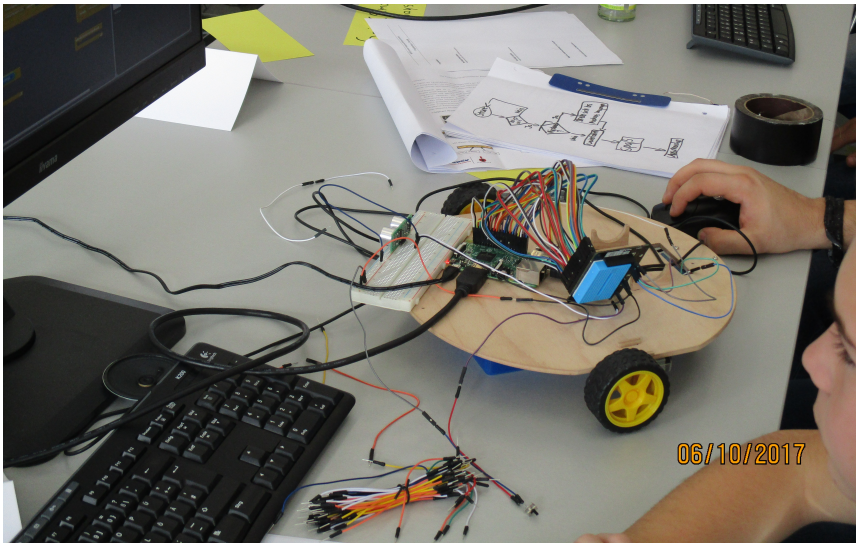


Abb. 1: Schülergruppe bei der Arbeit mit der MicroBerry-Lernumgebung

Um einen handlungsorientierten Zugang zu ermöglichen, arbeiten die Lernenden an einem Raspberry Pi-Controller, der mit einem Explorer HAT Pro bestückt ist. Dabei werden angeschlossene Aktoren und Sensoren gezielt angesteuert und mit entsprechender Software programmiert. Wir haben sowohl Konzepte für die Programmiersprache Python als auch für ScratchGPIO8Plus entwickelt. Letztere ermöglicht speziell die Ansteuerung der Zusatzplatine Explorer HAT Pro, die durch die Standard-Scratchversionen 1.4 oder 2.0 nicht unterstützt wird. Der Kursverlauf ist zweigeteilt. Die Schüler*innen lernen im ersten Teil zunächst die verschiedenen Grundbausteine von Algorithmen kennen. In einer zweiten projektorientierten Phase wenden sie das Gelernte an, um eigene Projektideen zu verwirklichen. Obwohl die Nutzung eines Raspberry Pi einige Vorteile bietet (wie zum Beispiel die einfache Möglichkeit der Vernetzung oder der Zugriff auf Kameramodule), kann das zugrundeliegende didaktische Konzept der MicroBerry-Lernumgebung auch auf andere Prozessortypen übertragen werden. Beispielsweise haben wir dieses Konzept auch bereits auf ein Arduinosystem mit der Software Snap4Arduino angepasst und im Unterricht an einer Schule eingesetzt.

2 Die MPDV-Junior-Akademie

Der außerschulische Lernort MPDV-Junior-Akademie⁴ wurde vor ca. sechs Jahren gegründet.⁵ Hier werden Schüler*innen verschiedener Altersstufen und aus verschiedenen Schularten, an MINT-Themen herangeführt, mit dem Ziel, Interesse für diese Inhalte zu wecken und auszubauen. Insbesondere stehen fächerübergreifende Aspekte der Informatik und Technik im Fokus der angebotenen Seminare. Regelmäßig werden Roboterkurse mit Lego Mindstorm für die Klassenstufe 5-7, Mikrocontroller-Seminare für die Klassenstufe 8-10 und Kurse zum Experimentieren mit einem automatisierten Fertigungssystem für die Oberstufe angeboten. Das Besondere dabei ist, dass die Kurse von Studierenden der Fächer Informatik und Technik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg durchgeführt werden. In der Regel arbeiten die Studierenden im Zweierteam und betreuen dabei pro Kurs ca. 16 Schüler*innen. Ein Seminarkurs erstreckt sich in der Regel auf zwei Tage. Während am ersten Tag die Grundlagen gelegt werden, folgt am zweiten Tag die individuelle Projektphase. Hier haben die Schüler*innen dann Gelegenheit, in Kleingruppen (zwei bis drei Lernende pro Gruppe) eigene Ideen zu verwirklichen. Speziell für die Lehramtsstudierenden bietet sich an der MPDV-Junior-Akademie eine ideale Spielwiese, pädagogische Lehrerfahrungen zu sammeln, auszubauen und zu professionalisieren. Die Studierenden werden dabei von Dozent*innen der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und erfahrenen Lehrer*innen vor Ort betreut. Nach der Durchführung werden die Seminare jeweils analysiert, reflektiert und das jeweilige Konzept optimiert [Fa17]. Finanziert wird die MPDV-Junior-Akademie von der Firma MPDV, eine IT-Firma, die Systeme zur Prozess- und Fertigungsdatenverwaltung entwickelt.

3 Theoretische Grundlagen

Da die Förderung von Interesse an MINT-Themen primäres Ziel der Junior-Akademie ist, wollten wir die MicroBerry-Lernumgebung so gestalten, dass sie möglichst hohes und nachhaltiges Interesse am Lerngegenstand erzeugen kann [SRW20]. Die Förderung von Interesse und Lernmotivation ist auch in der Schule wichtiges Ziel des Unterrichts [Kr03], so dass die Lernumgebung aus dieser Zielperspektive betrachtet ebenso auch für den Schulunterricht vor Ort geeignet erscheint. Um das Interesse an einem Lerngegenstand zu fördern und zu festigen, ist es zunächst notwendig, Neugierde in der aktuellen Lernsituation bei der Arbeit mit der eingesetzten Lernumgebung zu wecken. Dieses situative Interesse kann dann im Idealfall über einen mehrstufigen Prozess in ein dauerhaftes, individuelles Interesse übergehen [KP11]. Voraussetzung hierfür ist eine emotional positiv empfundene Lernsituation. Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach Deci u. Ryan [DR93]; [DR02] liefert Faktoren, die eine solche positive Erlebensqualität wahrscheinlicher machen.

⁴ <https://www.mpdv.com/de/unternehmen-referenzen/mpdv-junior-akademie/>

⁵ <https://www.mpdv.com/de/presse/pressemeldungen/pressemeldungdetails/mpdv-gruendet-junior-akademie-zur-it-qualifizierung-von-schuelerinnen-und-schuelern/>

Neben den drei Grundbedürfnissen des Menschen nach sozialer Eingebundenheit, selbstbestimmtem Handeln und Kompetenzerleben spielt zum Beispiel auch das wahrgenommene Interesse der Lehrkraft am Lerngegenstand hierfür eine wichtige Rolle [PD96].

Nun stellt sich die Frage nach konkreten Gestaltungskriterien für eine Lernumgebung mit einem möglichst hohen Motivationspotential. Hier lohnt ein Blick in die Grundsätze für einen guten Informatikunterricht [GI08]. Im Bereich „Lehren und Lernen“ wird aus konstruktivistischer Perspektive die Forderung nach einem Anwendungsbezug im Informatikunterricht begründet, der gut durch „Physical Computing Systeme“ realisiert werden kann [PR13]. Auch das Bearbeiten komplexer Problemstellungen im Rahmen von Projekten wird von Przybylla u. Romeike [PR13] in diesem Zusammenhang erwähnt. Hubwieser [Hu07] weist außerdem darauf hin, dass konkrete und anschauliche Problemstellungen für die Vermittlung abstrakter informatischer Sachverhalte erfolgversprechend seien.

Das Konzept des „problemorientierten Lernens“ [HMG01]; [Bu10] liefert Gestaltungskriterien für problem- und handlungsorientierte Lernumgebungen, die für einen anwendungsorientierten Informatikunterricht geeignet erscheinen [SS11b]; [MS16]. Den Schüler*innen werden dabei aus verschiedenen Kontexten und Perspektiven heraus problemorientierte Aufgaben zur Verfügung gestellt, die sie im kooperativen Miteinander und mit entsprechenden Handlungsspielräumen lösen sollen. Geeignete instruktionale Unterstützung soll dabei Überforderung und Frustration verhindern [HMG01]; [RM01]. Können sich Lernende in einer solchen Lernumgebung möglichst autonom aber mit ausreichend instruktionaler Unterstützung bewegen und dabei ein hohes subjektives Kompetenzerleben bei der Lösung von Aufgaben erfahren, ist in Anlehnung an die oben dargestellte Theorie davon auszugehen, dass die Lernumgebung ein hohes Motivationspotential generiert. Dabei ist Interdisziplinarität ein wichtiger Grundsatz der Unterrichtsgestaltung im Informatikunterricht [GI08] und im Hinblick auf die oben dargestellte Forderung nach unterschiedlichen Kontexten und Perspektiven sogar notwendig. So ist Interdisziplinarität ein zentraler Aspekt im fachübergreifenden Unterricht, der aufgrund der Lebens- und Erfahrungsnähe in besonderem Maße Authentizität in Bezug auf spätere Anwendungssituationen gewährleistet. Poloczek sieht im fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden Unterricht die Möglichkeit der besonderen Förderung der Persönlichkeitsentwicklung. Die Kombination mit der Projektmethode bzw. mit projektorientiertem Unterricht sei in diesem Zusammenhang besonders sinnvoll [Po15].

4 Konzeption der MicroBerry-Lernumgebung

Die MicroBerry-Lernumgebung soll den Schüler*innen die Grundelemente von Algorithmen auf möglichst interessante Art und Weise näher bringen. Auf Grundlage der oben dargestellten Zusammenhänge schien uns eine problemorientierte Lernumgebung, bei der die Lernenden sich im fächerübergreifenden Kontext aktiv mit problem- und anwendungsorientierten Aufgaben auseinandersetzen, gut dafür geeignet. Die Programmierung und Steuerung von Sensoren und Aktoren, wie sie zum Beispiel in der Technischen Informatik eine Rolle spielt, war hier eine authentische Möglichkeit, Schüler*innen ganz konkret zum handelnden

Umgang mit dem Lerngegenstand zu animieren. Es ist in diesem Zusammenhang zudem ein positiv zu bewertender Nebeneffekt, dass dabei das Zusammenspiel von Soft- und Hardware ganz konkret greif- und erfahrbar wird und das „Physical Computing“ ein tieferes Verständnis für interaktive Informatiksysteme ermöglicht [PR13].

Die Methode des projektorientierten Unterrichts erfüllt die Kriterien des problemorientierten Lernens, so dass wir diese Unterrichtsform in der Lernumgebung anbieten. Allerdings sind hierfür solide Grundkenntnisse notwendig und da ein Projekt fachübergreifende Aspekte anspricht, beschränkt sich dies nicht nur auf informatische Inhalte. Vor diesem Hintergrund ist die Lernumgebung so aufgebaut, dass sich die Schüler*innen zunächst die benötigten Grundlagen zum Themenkomplex Algorithmen mithilfe von anwendungsorientierten Aufgaben näher bringen. Hierfür stellen wir den Lernenden ein Grundlagskript zur Verfügung, mit dessen Hilfe die Inhalte möglichst selbstständig erarbeitet werden können. Anschließend werden die Erkenntnisse genutzt, um eine projektorientierte Phase durchzuführen. Während der Grundlagenteil vor allem zu Beginn noch stark instruktional ausgerichtet ist, im weiteren Verlauf aber auch schon offene Aufgabenformate bereitstellt, genügt der projektorientierte Teil in hohem Maße konstruktivistischen Ansätzen. Aus theoretischer Sicht besteht die MicroBerry-Lernumgebung somit aus einem zentralen Informatiksystem, das den Schüler*innen sowohl einen grundlegenden programmiersprachlichen [SS11b] als auch einen projektorientierten, fächerübergreifenden Zugang ermöglicht.

Die Hardware wird den Schüler*innen mithilfe von Sortimentskästen übersichtlich zur Verfügung gestellt.

Wird der Mikrocontroller Raspberry Pi als zentrales Informatiksystem genutzt, dann lässt sich eine vernetzte Kommunikationsplattform aufbauen. Damit können die Programme der Schüler*innen zentral gespeichert und bei Bedarf allen in der Lerngruppe zugänglich gemacht werden. Durch die Vernetzung können die Lernenden außerdem selbst erstellte Programme schnell und problemlos vom eigenen Rechner aus zum Beispiel über einen zentral angeschlossenen Beamer präsentieren und mit der Lerngruppe über ihre Programme diskutieren.

5 Unterrichtseinheiten im programmiersprachlichen Teil (Grundlagskripte)

Mithilfe der Unterrichtseinheiten im programmiersprachlichen Teil, die im Grundlagskript zu finden sind, können sich die Schüler*innen eigenständig ein Basiswissen über die Grundstrukturen von Algorithmen und Grundlagen zur Handhabung des Mikroprozessors und der Software aneignen sowie die verwendeten elektronischen Bauteile kennenlernen. Behandelt werden die folgenden Themen: Der Raspberry Pi (alternativ: Der Arduino-Mikrocontroller), Grundbausteine von Algorithmen (Sequenz/ Wiederholung / Bedingung / Verzweigung/ Variablen) sowie jeweils eine Einheit zur Darstellung von Algorithmen (Flussdiagramme mit dem Programm Dia) und zur Musikerzeugung. Zur Ansteuerung

werden zunächst nur einfache Leuchtdioden und Widerstände sowie Taster genutzt. Für die Musikeinheit wird zusätzlich noch ein Lautsprecher benötigt. Optional kann der Lautsprecher auch über eine Verstärkerschaltung angesteuert werden, die ebenfalls im Skript beschrieben ist. Hier würden dann zusätzlich ein Transistor und ein Potentiometer benötigt. Weitere Sensoren und Aktoren, wie z. B. Gleichstrom- und Servomotoren, RGB-LED, Ultraschallsensoren etc., werden im Projektskript beschrieben, das die Lernenden bei Bedarf als Nachschlagewerk für ihr Projekt nutzen können. Hier wäre es zudem möglich, einige Teile des Projektskripts in den Grundlagenteil vorzuziehen. Im Skript sind jeweils die aufgebauten Schaltungen sowie die Schaltpläne abgebildet, damit die Schüler*innen die elektronischen Zusammenhänge besser verstehen können. Die Themenbereiche beinhalten jeweils verschiedene Aufgaben auf unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen.

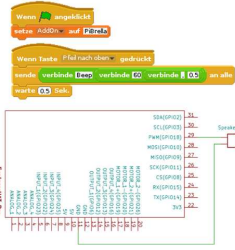
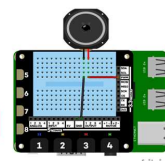
Es hat sich bewährt, dass die Lehrkraft zunächst kurz in die entsprechende Lernsequenz einführt und eventuell auftretende Verständnisschwierigkeiten ausräumt. Nachdem die Schüler*innen möglichst eigenständig die Aufgaben bearbeitet haben, werden die Lösungen dann im Plenum gemeinsam besprochen.

Zu jeder Lernsequenz gibt es verschiedene Arbeitsblätter, die aber prinzipiell gleich aufgebaut sind. Jede Lernsequenz beginnt mit einem kleinen Theorieteil, in dem die Grundlagen, die zur Bearbeitung der darauffolgenden Arbeitsaufträge notwendig sind, erklärt werden. Dies können zum Beispiel besondere Programmierbefehle oder Beschreibungen von Bauteilen oder Begriffen sein. Der Schwierigkeitsgrad der folgenden Aufgaben erhöht sich stetig. Die Schwierigkeitsstufe wird durch ein einfaches Symbolsystem, das aus drei Lämpchen besteht, den Schüler*innen transparent gemacht. Durch die verschiedenen Schwierigkeitsstufen und passenden Bonusaufgaben hat man zudem für jede Lernsequenz ausreichende Differenzierungsmöglichkeiten. Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt aus den Lernsequenzen: „Der Ton macht die Musik“ und „Die Grundbausteine von Algorithmen - Bedingung“.

Aufgaben

1 Erzeuge Töne mit einem Lautsprecher!

a. Baue die unten aufgeführte Schaltung auf und entwickle eine geeignete Programmierung um einen Ton zu erzeugen.

fritzing

Seite | 14

Ein- und Ausschalten der Touchpad-LEDs

Speichere die Dateien im Netzwerkordner ab.

B Das 3-Sterne Hotel „Himbeerkuchen“ im Dorf Milk-Rocontrolla hat sich einen nagelneuen Aufzug angeschafft! Leider fehlt die Programmierung.

N Zurzeit fährt er die 4 Etagen des Hotels leider nicht an.

S Da muss eine Lösung her! Glücklicherweise lässt sich der Aufzug mit Scratch programmieren.

Die folgenden Probleme gilt es zu lösen:

- Der Fahrstuhl muss auf Anforderung die entsprechende Etage anfahren.
- Aus Sicherheitsgründen benötigt der Fahrstuhl einen separaten Not-Aus! Wird dieser betätigt stellt der Fahrstuhl unverzüglich den Betrieb ein!
- Der Fahrstuhl benötigt eine Anzeige, damit die Gäste sehen, auf welchem Stockwerk er sich zurzeit befindet.

Tip
Verwende LEDs, um das aktuelle Stockwerk anzuzeigen!

Speichere die Dateien im Netzwerkordner ab.

Seite | 18

Abb. 2: Beispiele für zwei Aufgabenblätter zu verschiedenen Lernsequenzen

Im Anschluss an die Unterrichtseinheit zu den Grundbausteinen von Algorithmen erfolgt dann der Übergang zur Projektphase.

6 Die Projektphase

In der Regel haben die Schüler*innen zahlreiche Ideen, die sie in der Projektphase umsetzen möchten. Beliebte Projekte sind die Realisierung ferngesteuerter Fahrzeuge mit und ohne Kameramodule, der Aufbau automatischer Bewässerungsanlagen, die Steuerung von Roboterarmen oder die Realisierung von Ampelsteuerungen und Alarmanlagen. Auch die Ansteuerung von Anzeigemodulen oder Projekte, in denen Musik elektronisch erzeugt wird, werden gerne durchgeführt. Abbildung 1 zeigt beispielsweise das Projektergebnis einer Schüler*innengruppe, die ein ferngesteuertes Fahrzeug mit eingebautem Ultraschallsensor für Abstandsmessungen realisiert haben. Gerade beim ferngesteuerten Fahrzeug zeigt sich das besondere Potenzial des Raspberry Pis. Hier hat man nämlich die Möglichkeit, eine Kamera an das System anzuschließen und über ein VNC-Netzwerk das Kamerabild drahtlos an einen anderen Rechner zu übertragen, von dem aus man das Fahrzeug dann ebenfalls fernsteuern kann. Hier ist man dann schon sehr authentisch an Szenarien dran, bei denen Roboterfahrzeuge zum Beispiel zur Erkundung von Gefahrenstellen eingesetzt werden können. In Abb. 3 sieht man eine von Schülerinnen entwickelte Alarmanlage, die über einen Infrarotsensor ausgelöst wird.

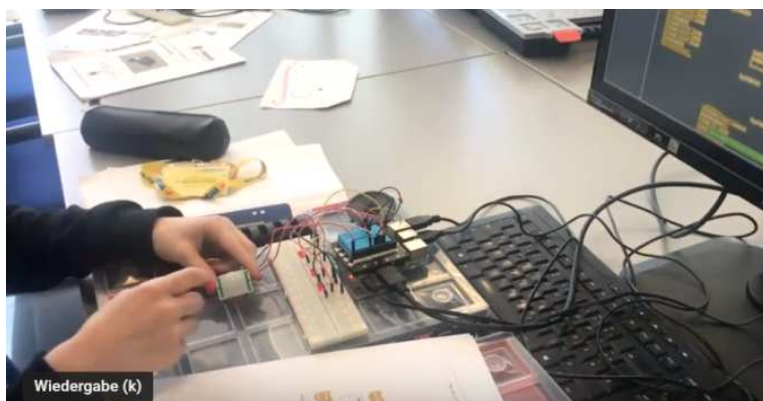


Abb. 3: Projektbeispiel: Alarmanlage mit Infrarotsensor

Gerade in dieser Projektphase stehen den Schüler*innen viele und unterschiedlich komplexe Umsetzungsmöglichkeiten offen, die Differenzierung erlauben, welche an das jeweilige Niveau angepasst werden kann. In der Regel lassen sich in den gewählten Projektthemen viele der Inhalte der Lernsequenzen aus der programmiersprachlichen Phase aufgreifen und vertiefen. Die Lehrkraft fungiert in dieser Durchführungsphase hauptsächlich als Berater und Hinweisgeber auf bestimmte Erweiterungsmöglichkeiten.

7 Evaluation

Übergeordnetes Ziel war es, eine Lernumgebung zu entwickeln, die das Interesse an MINT-Themen fördern kann. Deshalb haben wir uns bei der Evaluation auf die Erhebung von

Interessen- und Motivationsvariablen fokussiert. Es existieren verschiedene Fragebogen, um Interessen- und Motivationsfaktoren standardisiert zu erheben. Hierfür nutzten wir einen Fragebogen nach Schnirch u. Spannagel [SS11a]. Dieser ist angelehnt an einen Fragebogen nach Prenzel et al. [Pr96], der an das sprachliche Niveau der Schüler*innen angepasst wurde.

Erhoben wurden die Daten jeweils am Ende der Projektphase. Zusätzlich zum standardisierten Fragebogen erhoben wir mit offenen Fragen die allgemeine Zufriedenheit der Schüler*innen mit dem Kurs.

Für die standardisierten Fragen wurde eine sechsstufige Likert-Skala mit der Ausprägung von „nie“ (0) bis „sehr häufig“ (5) verwendet. Tab. 1 zeigt die Ergebnisse der Ausprägung der Lernmotivation von 62 Schüler*innen. Die drei Variablen „Interesse“ „Intrinsische Motivation“ und „Identifizierte Motivation“ sind Ausprägungen einer selbstbestimmten Motivation. Die Variable „Interesse“ erfasst das individuelle und dauerhafte Interesse an dem Lerngegenstand, während die beiden anderen Variablen Auskunft über das situative Interesse während der Arbeit mit der Lernumgebung geben. Es zeigt sich, dass die „Intrinsische Motivation“ die höchsten Werte erzielt, so dass man davon ausgehen kann, dass die Schüler*innen während der Arbeit mit der Lernumgebung hoch interessiert und motiviert waren. Etwas geringere Werte findet man beim individuellen Interesse. Dies deutet darauf hin, dass nach einem zweitägigen Kurs noch kein dauerhaftes Interesse initiiert werden kann, welches bereits in der Persönlichkeitsstruktur der Schüler*innen verankert wäre. Allerdings deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die MicroBerry-Lernumgebung von den befragten Schüler*innen als hinreichend interessant empfunden wird, um hoch motiviert damit zu arbeiten und selbstbestimmt zu lernen.

N=62	Interesse	Intrinsische Motivation	Identifizierte Motivation	Introjierte Motivation	Externale Motivation	Amotivation
Arith. Mittel	3,5645	4,2930	3,9328	1,9516	,4597	,6559
Median	3,6667	4,6667	4,0000	2,0000	,0000	,3333

Tab. 1: Ausprägung der Lernmotivation

Die Befunde decken sich mit der Erhebung der Bedingungen für motiviertes Handeln. Auch hier liegen die Werte für inhaltliche Relevanz, Instruktionsqualität, Kompetenz- und Autonomieunterstützung und wahrgenommene soziale Eingebundenheit im Mittel sehr hoch (Tab. 2).

N=62	Relevanz	Instruktions-qualität	Autonomie	Kompetenz	Überforderung	Soziale Eingebundenheit
Arith. Mittel	3,5188	4,0618	3,9147	3,9978	1,0188	4,2696
Median	3,6667	4,0000	4,0714	4,0833	,6667	4,3333

Tab. 2: Erhebung der Bedingungen für motiviertes Handeln

Erwähnenswert ist außerdem, dass wir keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede finden konnten, d. h. die MicroBerry-Lernumgebung kann in diesem Sinne insofern als gendergerecht bezeichnet werden, als sie für Mädchen und Jungen gleichermaßen interessant zu sein scheint. Die Auswertung der offenen Fragen konnte zudem zeigen, dass das Konzept des freien und selbständigen Arbeitens, die Projektarbeit und die Möglichkeit der praktischen Arbeit häufig als sehr positiv bewertet wurden. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse findet sich bei Schnirch, Ridinger u. Weschenfelder [SRW20].

Literatur

- [Bu10] Buchholtz, C.: Neue Medien: neues Lernen - neues Handeln, Diss., Humboldt-Universität zu Berlin, Philosophische Fakultät IV, 2010.
- [DR02] Deci, E. L.; Ryan, R. M.: Handbook of self-determination research. University of Rochester Press, Rochester, NY, 2002.
- [DR93] Deci, E. L.; Ryan, R. M.: Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik/139, S. 223–228, 1993.
- [Fa17] Fast, L.: Die MPDV Junior-Akademie: Qualifizierung im IT-Bereich. tu Zeitschrift für Technik im Unterricht 166/4. Quartal, S. 16–20, 2017.
- [GI08] GI, Gesellschaft für Informatik e.V.: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule. Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I. Beilage zu LOG IN 28. Jg. (2008)/Nr. 150/151, 2008.
- [HMG01] Hense, J.; Mandl, H.; Gräsel, C.: Problemorientiertes Lernen, Warum der Unterricht mit neuen Medien mehr sein muss als Unterrichten mit neuen Medien. Computer und Unterricht/44, S. 6–11, 2001.
- [Hu07] Hubwieser, P.: Didaktik der Informatik. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [KP11] Krapp, A.; Prenzel, M.: Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. International Journal of Science Education 33/1, S. 27–50, 2011.
- [Kr03] Krapp, A.: Die Bedeutung der Lernmotivation für die Optimierung des schulischen Bildungssystems. Polit. Stud. 54/Sonderheft 3, S. 91–105, 2003.
- [MS16] Modrow, E.; Strecker, K.: Didaktik der Informatik. de Gruyter, Oldenbourg, Berlin/Boston, 2016.
- [PD96] Prenzel, M.; Drechsel, B.: Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung: Veränderung in Lernmotivation und Interesse. Unterrichtswissenschaft 24/3, S. 217–234, 1996.
- [Po15] Poloczek, J.: Fächerverbindende Projekte im Unterricht. LOG IN. Informatische Bildung und Computer in der Schule/Nr. 181/182, S. 71–76, 2015.

- [PR13] Przybylla, M.; Romeike, R.: Physical Computing im Informatikunterricht. In (Breier, N.; Stechert, P.; Wilke, T., Hrsg.): INFOS 2013: Informatik erweitert Horizonte - 15. GI-Fachtagung Informatik und Schule. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, S. 137–146, 2013.
- [Pr96] Prenzel, M.; Kristen, A.; Dengler, P.; Eittle, R.; Beer, T.: Selbstbestimmt motiviertes und interessiertes Lernen in der kaufmännischen Erstausbildung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik/Beiheft 13, hrsg. von Beck, K.; Heid, H., S. 108–127, 1996.
- [RM01] Reinmann-Rothmeier, G.; Mandl, H.: Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In (Krapp, A.; Weidenmann, B., Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Beltz, S. 601–646, 2001.
- [SRW20] Schnirch, A.; Ridinger, N.; Weschenfelder, F.: Raspberry Pi im Informatik- und Technikunterricht. Konzeption eines handlungs- und problemorientierten Unterrichts mit der MicroBerry-Lernumgebung. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2020.
- [SS11a] Schnirch, A.; Spannagel, C.: Prozessorientierte Unterstützung von Geometrie-vorlesungen. In (Reiss, K., Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2011. WTM-Verlag, Münster, S. 735–738, 2011.
- [SS11b] Schubert, S.; Schwill, A.: Didaktik der Informatik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011.

Kurzbeiträge

Semantik statt Syntax – Entwicklung einer Plug & Play Lernumgebung für Datenbankabfragen

Sven Jacobs,¹ Steffen Jaschke²

Abstract: Es wurde eine Webapplikation entwickelt, auf welcher Lernende SQL-Datenbankabfragen durch ein Zusammensetzen von SQL-Blöcken erstellen und ausführen können. So werden Syntaxfehler vermieden und somit mehr Zeit für die Korrektur von semantischen Fehlern geschaffen. Dabei können eigene Datenbanken verwendet werden, deren Datenbankstruktur visuell dargestellt wird. Über diese können einzelne Tabellen geöffnet werden. Nachdem fehlerhafte SQL-Datenbankabfragen ausgeführt wurden, erhalten Lernende die entsprechende Fehlernachricht und Fehlernummer, die ihnen bei der Korrektur behilflich sein sollen.

Keywords: SQL; Übungsumgebung; blockbasiert; visuell; Syntax

1 Einleitung

Der Lerninhalt Datenbankabfragen ist teils implizit, teils explizit in den Lehrplänen für das Fach Informatik in der Sekundarstufe I und II der meisten Bundesländer verankert [Ko18]. In der schulischen Praxis konnten zwei Hauptprobleme identifiziert werden. Zum einen werden professionelle Tools mit umfangreichem Funktionsumfang genutzt, was die Orientierung erschwert [UGB13], eine Einarbeitung vorab bedingt und meist die Installation eines Datenbankservers erfordert. Zum anderen befassen sich Lernende bei der Korrektur von Datenbankabfragen hauptsächlich mit Syntaxfehlern [Ah16], sodass weniger Zeit für die Berichtigung von Semantikfehlern verbleibt, wobei deren Lerneffekt als höher eingeschätzt wird [Ko18]. Um Syntaxfehler bei SQL-Datenbankabfragen zu minimieren, bietet sich ein Zugang über eine blockbasierte Lernumgebung an [GGM14]. Die Verwendung von blockbasierten Programmiersprachen führt im Vergleich zu textbasierter Programmierung zu einer erhöhten Motivation und einem höheren Lernerfolg [WW17], da Schüler*innen diese Methode als einfacher bewerten. Begründet wird dies mit dem puzzleartigen Zusammensetzen, der Übersicht über die Bibliothek der verfügbaren Blöcke [WW15] und dem besseren Verhältnis zwischen „Werkzeug-Erlernzeit“ und „Werkzeug-Nutzzeit“ [MS16]. Da noch kein vergleichbarer blockbasierter Ansatz existiert, der beide Problemstellungen gleichzeitig adressiert, wurde die Webapplikation SqheLper³ entwickelt, welche im Folgenden vorgestellt wird.

¹ Universität Siegen, Didaktik der Informatik, Hölderlinstraße 3, 57076 Siegen, sven.jacobs@student.uni-siegen.de

² Universität Siegen, Didaktik der Informatik, Hölderlinstraße 3, 57076 Siegen, steffen.jaschke@uni-siegen.de

³ sqhelper.com

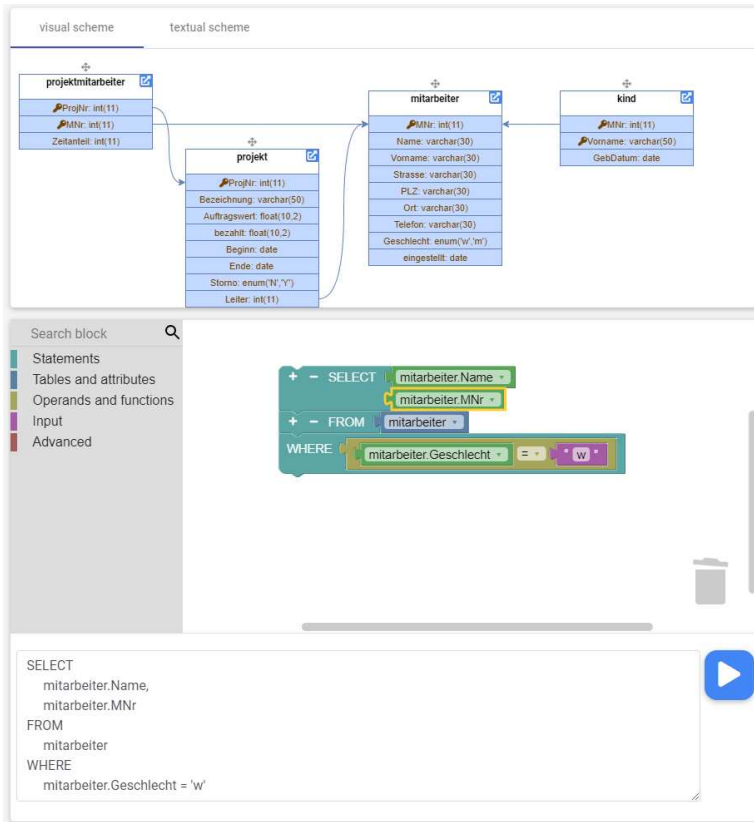


Abb. 1: SQheLpers Nutzer*innenoberfläche

2 Verwandte Arbeiten

Es existieren bereits webbasierte Lernumgebungen für SQL, in welchen eigens erstellte Aufgaben mittels textlicher Eingaben (z. B. eledSQL [UGB13]) oder per Drag & Drop (z. B. Sqool [Ko18]) bearbeitet werden können. Problematisch ist hierbei, dass die Eingaben per Text Syntaxfehler nicht beheben und die Eingabe per Drag & Drop auch die meisten semantischen Fehler ausschließt, sodass hier keine Lernprozesse durch das Korrigieren dieser stattfinden können. Darüber hinaus ist die Einstiegshürde zu den genannten Tools hoch, da Aufgaben und Datenbanken dort erst angelegt werden müssen und eine Registrierung erforderlich ist. Daneben existieren bereits einige blockbasierte Tools, um SQL-Datenbankabfragen zu erstellen (BlocklySQL [Pö19], SQLSnap [Mo15]). BlocklySQL ermöglicht keine Verwendung individueller Datenbanken und lässt inkorrekte Verbindungen zwischen Blöcken auf vertikaler Ebene zu. SQLSnap kann eine Verbindung zu extern gehosteten Datenbanken aufbauen, jedoch müssen Tabellen und Attributnamen textuell

eingegeben werden, sodass hier syntaktische Fehler nicht ausgeschlossen werden. Verglichen mit den hier vorgestellten Tools ermöglicht SQheLper die Verwendung eigener Datenbanken ohne Registrierung, da diese als MySQL-Dump hochgeladen werden können. Zudem wird das Erstellen von SQL-Datenbankabfragen mit 23 unterschiedlichen SQL-Blöcken durch die dynamische Darstellung der Datenbankstruktur unterstützt und die erstellte Abfrage in formatierter textueller Form ausgegeben.

3 Design

Nach Upload eines MySQL-Dumps werden die Lernenden zur Nutzer*innenoberfläche von SQheLper weitergeleitet (siehe Abb. 1) und können im oberen Teil zwischen einer visuellen und einer textuellen Darstellung der Datenbankstruktur auswählen. Über einen Doppelklick auf die Tabellenüberschriften wird die jeweilige Tabelle geöffnet und deren Tupel angezeigt. Im mittleren Teil können Datenbankabfragen durch Zusammensetzen der SQL-Blöcke erstellt sowie Tabellen und Attributnamen per Dropdown ausgewählt werden, um Syntaxfehler zu vermeiden. Die SQL-Blöcke sind dabei fast gänzlich isomorph zur entsprechenden SQL-Syntax, sodass hier keine für blockbasierte Ansätze typische Vereinfachung stattfindet. [WW17] konnten zeigen, dass auch solche zur textbasierten Eingabe isomorphen Blöcke zu höheren Lernzuwächsen führen. Insgesamt stehen hier 23 verschiedene SQL-Blöcke zur Verfügung, welche folgende SQL-Syntax ermöglichen:

- Statements (FROM, WHERE, GROUP BY, ORDER BY, HAVING)
- Aggregatfunktionen (AVG, COUNT, MIN, MAX, SUM)
- Operanden (+, -, *, ÷, =, ≠, ≥, >, ≤, <, LIKE, AND, OR, BETWEEN, IN)
- Inputs (Text, Nummern, Datum, Booleans)
- JOIN (INNER, LEFT, RIGHT, FULL)
- Unterabfragen

Es können nur Blöcke miteinander verknüpft werden, deren Verbund syntaktisch korrekt ist. Über Plus- und Minusbuttons können die SELECT-, FROM-, AND- und OR-Ausdrücke erweitert werden. Im unteren Teil der Nutzer*innenoberfläche wird die aktuell erstellte Datenbankabfrage in formatierter Form dargestellt und die Lernenden können diese über den Play-Button ausführen. Ist die Abfrage fehlerhaft, so wird hier die entsprechende Fehlernachricht angezeigt, andernfalls wird die Ergebnistabelle ausgegeben.

4 Fazit

Da eigene Datenbanken ohne Registrierung verwendet werden können und sich die Webapplikation dynamisch an diese anpasst, ist die Einstiegshürde für die Verwendung im

Unterricht niedrig. Zudem wird durch den blockbasierten Ansatz auf textuelle Eingaben verzichtet, sodass Syntaxfehler minimiert werden. Im Zusammenspiel mit der übersichtlichen Nutzer*innenoberfläche konnten erste Erprobungen zeigen, dass das Verhältnis zwischen „Werkzeug-Erlernzeit“ und „Werkzeug-Nutzzeit“ verbessert wurde.

Literatur

- [Ah16] Ahadi, A.; Behbood, V.; Vihavainen, A.; Prior, J.; Lister, R.: Students' Syntactic Mistakes in Writing Seven Different Types of SQL Queries and Its Application to Predicting Students' Success. In: Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education. SIGCSE '16, Association for Computing Machinery, New York, S. 401–406, 2016.
- [GGM14] Gorman, J.; Gsell, S.; Mayfield, C.: Learning Relational Algebra by Snapping Blocks. In: Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. SIGCSE '14, Association for Computing Machinery, New York, S. 73–78, 2014.
- [Ko18] Koch, A.: SQool.it – SQL per Drag&Drop lernen: Ein HTML5-Prototyp für die Sekundarstufe I, 2018, Stand: 13.05.2021.
- [Mo15] Modrow, E.: Neues von BYOB / Snap! LOG IN 35/1, S. 128–137, 2015.
- [MS16] Modrow, E.; Strecker, K.: Didaktik der Informatik. De Gruyter, Oldenbourg, 2016.
- [Pö19] Pöhner, N.; Schmidt, T.; Greubel, A.; Hennecke, M.; Ehmann, M.: BlocklySQL: A New Block-Based Editor for SQL. In: Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. WiPSCE'19, Association for Computing Machinery, Glasgow, Scotland, UK, 2019.
- [UGB13] Ufert, A.; Grillenberger, A.; Brinda, T.: eledSQL - Entwicklung und Erprobung einer webbasierten Lernumgebung für Datenbanken und SQL. In (Breiter, A.; Rensing, C., Hrsg.): DeLFI 2013: Die 11. e-Learning Fachtagung Informatik. Gesellschaft für Informatik e.V, Bonn, S. 167–178, 2013.
- [WW15] Weintrop, D.; Wilensky, U.: To Block or Not to Block, That is the Question: Students' Perceptions of Blocks-Based Programming. In: Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children. Association for Computing Machinery, Boston, Massachusetts, S. 199–208, 2015.
- [WW17] Weintrop, D.; Wilensky, U.: Comparing Block-Based and Text-Based Programming in High School Computer Science Classrooms. ACM Transactions on Computing Education 18/1, 2017.

Lehrerperspektiven auf die Rekonstruktion von Schülervorstellungen im Informatikunterricht

Nils Pancratz¹, Alexander Schlegel²

Abstract: Zu den zahlreichen Komponenten, die die fachdidaktische Qualifikation von (Informatik-) Lehrkräften ausmachen, zählt ihre Perspektive auf bestehende Schülervorstellungen und ihre Rekonstruktion im Unterricht. Sie wird in der vorliegenden Interview-Studie exemplarisch mit Bezug auf Schülervorstellungen vom Aufbau von Informatiksystemen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Informatiklehrkräfte zwar die Bedeutung der Berücksichtigung von Vorwissen im Unterricht betonen, aber nahezu ausschließlich erfahrungsbasiert und damit stark eingeschränkt über Schülervorstellungen berichten. Dass Erkenntnisse aus fachdidaktischer Vorstellungsforschung nur schwer den Weg in schulische Unterrichtspraxis zu finden scheinen, kommt außerdem durch das eingeschränkte Wissen der untersuchten Lehrkräfte über methodische Ansätze zum Aufgreifen von Schülervorstellungen sowie ihrer Rekonstruktion im Unterricht zum Ausdruck. Hier lässt sich in der Aus- und Weiterbildung von Informatiklehrkräften an den Ergebnissen dieser Untersuchung anknüpfen.

Keywords: Didaktische Rekonstruktion; Lehrerperspektive; Schülervorstellungen; Informatiksysteme

1 Einleitung und Motivation

Die sich aus den Erkenntnissen konstruktivistischer Ansätze ergebene Bedeutung der Berücksichtigung von Vorwissen in unterrichtlichen Szenarien wird im *Modell der Didaktischen Rekonstruktion* über eine bei der fachlichen Klärung informatischer Phänomene vorzunehmende Bezugnahme auf bestehende *Schülervorstellungen* ausgedrückt [Di11]. Diese wird (in den meisten Fällen) von den unterrichtenden Lehrkräften vorgenommen; in dem Modell wird dementsprechend auch die *Lehrerperspektive* aufgenommen, zu der neben den Erklärungsmustern, die Lehrkräfte selbst für die entsprechenden Phänomene haben, insbesondere auch die Vorstellungen zählen, die sie bei ihren Schülerinnen und Schülern erwarten oder beobachten [Di11]. Dieser Beitrag stellt eine Untersuchung vor, die sich in dieses Spannungsfeld zwischen Lehrer- und Schülerperspektive begibt und die Bedeutung untersucht, die Informatiklehrkräfte (nachfolgend Inf.-Lehrkr.) der Berücksichtigung von bestehenden Vorstellungen ihrer Lernenden im Allgemeinen und speziell in Bezug auf Vorstellungen zum Aufbau von Informatiksystemen beimessen. Dazu wurden Interviews im Rahmen einer leitfadengestützten Studie mit Inf.-Lehrkr. reanalysiert und mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse entlang folgender Forschungsfragen ausgewertet:

¹ Universität Oldenburg, Didaktik der Informatik, Uhlhornsweg 84, 26129 Oldenburg, nils.pancratz@uol.de

² Studienseminar Leer für das Lehramt an Gymnasien, Bürgerm.-Ehrlenholtz-Str. 15, 26789 Leer (Ostfriesland)

- F1: Welche grundsätzlichen Perspektiven haben Inf.-Lehrkr. auf die Rekonstruktion von Schülervorstellungen im Informatikunterricht (nachfolgend Inf.-Unt.) und wie gehen sie nach eigener Aussage im Inf.-Unt. mit Schülervorstellungen um?
- F2: Welche Schülervorstellungen (nachfolgend Schülerv.) zum Aufbau von Informatiksystemen beobachten oder vermuten Inf.-Lehrkr.? Welche Ergebnisse aus informatikdidaktischer Vorstellungsforschung sind ihnen außerdem bewusst?

2 Darstellung des methodischen Vorgehens

Zur Untersuchung der spontanen Entwicklung von Erklärungsmodellen zum Aufbau von Informatiksystemen auf Grundlage empirisch erforschter Schülerv. wurde vom Koautoren im Rahmen seiner Masterarbeit [Sc20] in enger Betreuung durch den Erstautoren dieses Beitrags eine leitfadengestützte Interview-Studie entwickelt. Im Anschluss an eine Anpassung des Leitfadens auf Grundlage der Erfahrungen aus einer Pilotierung wurden fünf Einzelinterviews mit Inf.-Lehrkr. mit mehrjähriger Unterrichtserfahrung durchgeführt, transkribiert und ausgewertet. Die erhobenen Daten erlauben durch die Struktur des Leitfadens neben den ursprünglich angestrebten Zielen auch eine vertiefte Analyse hinsichtlich der Forschungsfragen dieser Untersuchung. Die entsprechenden Auszüge der Transkripte wurden dahingehend von dem Erstautoren dieses Beitrags über eine *strukturierende qualitative Inhaltsanalyse* [Ma02] reanalysiert und die Güte der Auswertung über die *Überprüfung der InterCoder-Übereinstimmung* mit dem Koautoren positiv evaluiert³.

3 Erste Ergebnisse und Ausblick

Die in den Interviewaussagen zum Ausdruck kommenden Lehrerperspektiven werden mit dem Ziel einer stärkeren Verknüpfung von theoretischer Fachdidaktik (in diesem Fall: empirische Vorstellungsforschung) und schulischer Praxis (konkret: Berücksichtigung von Schülervorstellungen im Fachunterricht) im Folgenden thesenartig verallgemeinert⁴.

These 1 – Der Großteil der Inf.-Lehrkr. ist sich der vielfältigen Ursprünge und grundsätzlichen Relevanz von Schülerv. bzgl. ihrer Rolle für Rekonstruktionsprozesse bewusst (→ F1): Die Ursprünge von Schülerv. sehen die befragten Inf.-Lehrkr. überwiegend nicht auf den vorher stattgefundenen Unterricht beschränkt. Sie erkennen somit, dass insbesondere durch die Allgegenwart von Informatiksystemen Schülerv. über die ihnen zugrundeliegenden Wirkprinzipien und Aufbauten ausgebildet werden. Auch die Dynamik von Schülerv. wird vom Großteil der Lehrkräfte erwähnt und die Bedeutung fachdidaktischer Vorstellungsforschung somit grundsätzlich erkannt.

³ Brennan/Prediger-Kappa-Koeffizienten von $\kappa_n=0,78$ in MAXQDA bestimmt [RK19]

⁴ Aufgrund der pandemiebedingt besonders aufgetretenen Schwierigkeiten in der Akquise von zu Forschungsstudien bereiten Lehrkräften ist die Populationsgröße dieser Studie zu gering, als dass verallgemeinerbare Ergebnisse aus den vorliegenden Daten abgeleitet werden könnten. Diese grundlegende Einschränkung wird hier über die Betonung der Thesenhaftigkeit bei der zusammenfassenden Ableitung zentraler Erkenntnisse aus der Inhaltsanalyse der Untersuchungsdaten zum Ausdruck gebracht.

These 2 – Inf.-Lehrkr. äußern zwar die Relevanz der Berücksichtigung bestehender Schülerv., gehen dieser aber im Inf.-Unt. nur bedingt nach (→ F1): Aus den Daten lässt sich zwar folgern, dass die befragten Inf.-Lehrkr. unisono die Bedeutsamkeit von Schülerv. betonen (These 1); es bleibt jedoch insgesamt fraglich, ob sie dieser Bedeutung in ihrer Unterrichtspraxis auch gerecht werden bzw. Schülerv. tatsächlich nachgehen (vgl. Ergebnisse bei [Je12]). So betont nur eine der befragten Inf.-Lehrkr., dass die Berücksichtigung von Schülerv. schon mit der Unterrichtsplanung einsetzen muss. Zwei weitere nennen zwar die Bedeutung des Sammelns von Schülerv. zu Beginn einer Unterrichtseinheit, gehen diese nach eigener Aussage jedoch ausschließlich über mündliche Unterrichtsgespräche ohne Sicherung (bspw. über Mindmaps) an. Insgesamt scheint somit Potenzial insbesondere bzgl. der methodischen Unterrichtskompetenz im Umgang mit Schülerv. vorzuliegen.

These 3 – Einige Inf.-Lehrkr. schließen aus fehlendem Verständnis auf Inexistenz von Schülerv. und aus Erfahrung (in der Nutzung von Informatiksystemen) auf die fachliche Korrektheit zugehöriger Schülerv. (→ F1/F2): Vereinzelte Inf.-Lehrkr. gehen davon aus, dass sich fehlendes Verständnis der Funktionsweise mit der Inexistenz von Schülerv. gleichsetzen lässt und somit im Unterricht sprichwörtlich „frische Felder“ bestellt werden können: Aus konstruktivistischer Sicht ist diese Äquivalenz jedoch falsch. In diesem Zusammenhang ist auch die evozierte Lehrerperspektive, ältere Lernende hätten – schlichtweg weil sie erfahrener seien – ausgereifere und damit einhergehend auch korrektere Schülerv. im Zusammenhang mit Informatiksystemen, als Trugschluss herauszustellen.

These 4 – Inf.-Lehrkr. berichten größtenteils erfahrungs- und nicht theoriebasiert über Schülerv. (→ F2): Das beobachtbare zögerliche Überlegen der befragten Inf.-Lehrkr. bei Fragen zu ihnen bekannten Schülerv. in der Informatik und das Ausbleiben von Antworten, die über beobachtete Schülerv. hinaus gehen, legen offen, was bspw. auch Forschungsergebnisse aus der Geographiedidaktik vermuten lassen [Ba18]: Inf.-Lehrkr. berichten über Schülerv. größtenteils erfahrungs- und nicht theoriebasiert. Erkenntnisse aus empirischer Vorstellungsforschung scheinen somit – wie bspw. auch in der Sachunterrichtsdidaktik [PSM13] – in der Informatikdidaktik nur schwer den Weg in die Praxis zu finden.

These 5 – Wenn Inf.-Lehrkr. Schülerv. zum Aufbau und zur Funktionsweise von Informatiksystemen beobachten oder Vermutungen hierzu äußern, dann entsprechen diese Beobachtungen und Erwartungen größtenteils den Ergebnissen empirischer Vorstellungsforschungen (→ F2): Die konkret beobachteten oder erwarteten Schülerv. zum Aufbau von Informatiksystemen (insbesondere die geschilderte Black-Box-Sicht, die Unterstellung menschlichen Handelns, der Fokus auf Ein- und Ausgabegeräte bei der Erklärung der Systeme mit einem zusätzlichen Bezug auf Komponenten wie einem Speicher oder einem Prozessor), die die Inf.-Lehrkr. (auf die These 3 nicht zutrifft) in den Interviews mitteilen, sind größtenteils auch bereits in empirischen Vorstellungsforschungen [PD20] belegt worden und demnach plausibel und nachvollziehbar. Jedoch decken die beobachteten/erwarteten Schülerv. nur einen Bruchteil der empirisch belegten Vielfalt an Schülerv. zu diesem Thema ab.

Eine abschließende *These 6* ergibt sich aus der grundsätzlichen Auffassung konstruktivistischer Theorien: *Lehrerperspektiven auf Schülerv. im Inf.-Unt. sind labil und lassen sich rekonstruieren.* Somit sind die Ergebnisse dieser Untersuchung maßgeblich als Plädoyer für eine stärkere Berücksichtigung von Vorstellungsforschung in der fachdidaktischen Aus-

und Weiterbildung von Inf.-Lehrkr. aufzufassen. Sie lassen schließlich erkennen, dass bei Inf.-Lehrkr. zwar gewisse Grundvorstellungen über Schülerv. vorhanden sind, diese jedoch insbesondere in einem bedeutenden Punkt defizitär sind: Die überwiegend erfahrungsbasierte Perspektive auf Schülerv. im Inf.-Unt. geht zum einen mit einem eingeschränkten Wissen über die vielfältigen und zahlreichen Vorstellungen auf Seite der Lernenden und zum anderen mit einer eingeschränkten Kenntnis über methodische Ansätze zu ihrer Rekonstruktion einher. Ausblickend sind so weitere Untersuchungen zu Lehrerperspektiven auf Schülerv. anzustreben, die neben weiteren curricular relevanten Themen insbesondere auch der Frage nachgehen sollten, ob Inf.-Lehrkr. die Berücksichtigung auch tatsächlich umsetzen (These 2). Dazu böten sich bspw. Beobachtungs- bzw. Hospitationsstudien an. Auch (quantitativ angelegte Fragebogen-)Studien zu Fragestellungen rund um die Übereinstimmung empirisch belegter Schülerv. mit den von Inf.-Lehrkr. vermuteten bzw. beobachteten (These 5) sind anzustreben (vgl. bspw. Design in [PSM13]). Eine grundlegende Einschränkung dieser Untersuchung liegt in der Unklarheit darüber, ob die Befragten den Begriff Schülerv. grundsätzlich so begreifen, wie er im fachdidaktischen Kontext üblicherweise verstanden wird: So scheinen viele der Befragten Schülerv. maßgeblich im Kontext von fachwissenschaftlichen Konzepten widersprechendem und weitläufig als „Fehlvorstellungen“ bezeichnetem Vorwissen zu sehen. Künftige Untersuchungen sollten das entsprechende Begriffsverständnis also einschließen.

Literaturverzeichnis

- [Ba18] Barthmann, K.: Vorstellungen von Geographielehrkräften über Schülervorstellungen und den Umgang mit ihnen in der Unterrichtspraxis. Dissertation, Universität Bayreuth, 2018.
- [Di11] Diethelm, I.; Dörge, C.; Mesaroş, A.; Dünnebier, M.: Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht. In (Thomas, M., Hrsg.): INFOS 2011. S. 77–86, 2011.
- [Je12] Jelemenská, P.: Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Evolution. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18:231–261, 2012.
- [Ma02] Mayring, P.: Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zum qualitativen Denken. Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 6. Auflage, 2002.
- [PD20] Pancratz, N.; Diethelm, I.: "Draw Us How Smartphones, Video Gaming Consoles, and Robotic Vacuum Cleaners Look Like from the Inside": Students' Conceptions of Computing System Architecture. In: Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '20). ACM, New York, 2020.
- [PSM13] Plog, A.; Strahl, A.; Müller, R.: Wissen von Grundschul-Lehrkräften über Schülervorstellungen zu physikalischen Sachunterrichtsthemen. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2013.
- [RK19] Rädiker, S.; Kuckartz, U.: Intercoder-Übereinstimmung analysieren. In: Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video. Springer VS, Wiesbaden, S. 287–303, 2019.
- [Sc20] Schlegel, Alexander: Durchführung von Interviews mit Informatiklehrkräften zur Entwicklung von Erklärungsmodellen von Informatiksystemen unter Berücksichtigung typischer Schülervorstellungen. Masterarbeit, Universität Oldenburg, 2020.

Zum Stand der Lehramtsausbildung für einen inklusiven Informatikunterricht

Kensuke Akao,¹ Johannes Fischer²

Abstract: Die aktuelle Bildungspolitik in Deutschland fordert die Umsetzung der Inklusion an Schulen. Die Ergebnisse einer Online-Lehrerumfrage deuten jedoch darauf hin, dass es oft an Informatiklehrkräften fehlt, die in Aus- oder Fortbildung genügend Kenntnisse zum inklusionsorientierten Fachunterricht erworben haben. Daher ist es die Aufgabe der universitären Fachdidaktiken, für eine entsprechende Ausbildung zu sorgen. Um den aktuellen Stand und den sich daraus ergebenden Bedarf zu ermitteln, führten wir eine Umfrage zur Umsetzung inklusionsorientierter Informatiklehrausbildung an den Hochschulen durch. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Behandlung des Themas „Inklusiver Informatikunterricht“ in der Didaktik der Informatik (DDI) in den letzten Jahren schrittweise angestiegen ist, es aber an Dozierenden mit sonderpädagogischem Wissen fehlt. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse dieser Umfrage vorgestellt.

Keywords: Informatikunterricht; Inklusion; inklusionsorientierte Lehrerbildung

1 Einleitung

Mit der Ratifikation der *Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD)* fordert aktuelle Bildungspolitik in Deutschland die Umsetzung der Inklusion an Schulen [BD14]. Jedoch wird der inklusive Informatikunterricht bisher in der Schulpraxis in Nordrhein-Westfalen noch nicht so oft wie gefordert umgesetzt, zudem erfuhren viele Informatiklehrkräfte noch keine formale inklusionsorientierte Aus- oder Fortbildung in diesem Bereich [AF20]. Laut Leonhardt soll Wissen zum inklusiven Unterricht bereits in der universitären Lehrerbildung erworben werden, um dann in Fort- und Weiterbildungen vertieft werden zu können [Le11]. Da im Schulfach Informatik oft am Computer gearbeitet wird [HNR06], sind zudem Kenntnisse zum Einsatz von assistiven Technologien (z. B. *Screen Reader*) unabdingbar [CG16]. Deshalb kann der inklusionsorientierte Lehrerbildungsbedarf für heutige Informatik-Lehramtsstudierende auch als hoch eingeschätzt werden.

Es ist jedoch noch nicht klar, wie genau die Studierende durch das Informatiklehramt darauf vorbereitet werden können, den inklusiven Unterricht in Zukunft umzusetzen. Damit wir uns ein Bild über den Stand der Inklusion in der Lehramtsausbildung in Deutschland machen können, wurde vom 1. Oktober bis 5. November 2020 eine quantitative Online-Umfrage

¹ Technische Universität Dortmund, Fakultät für Informatik, Arbeitsgruppe Algorithmische Grundlagen und Vermittlung der Informatik, Otto-Hahn-Str. 14 44227 Dortmund kensuke.akao@tu-dortmund.de

² Technische Universität Dortmund, Fakultät für Informatik, Arbeitsgruppe Algorithmische Grundlagen und Vermittlung der Informatik, Otto-Hahn-Str. 14 44227 Dortmund johannes.fischer@cs.tu-dortmund.de

durchgeführt. Der Aufruf wurde via E-Mail an 54 Hochschulen in Deutschland gesendet, an denen das Informatiklehramt angeboten wird³; wir erhielten 34 Rückmeldungen⁴ von Verantwortlichen für die Lehramtsstudiengänge Informatik der jeweiligen Hochschulen aus zehn Bundesländern⁵. Der vorliegende Beitrag wird von den Erkenntnissen dieser Umfrage berichten.

2 Stand der inklusionsorientierten Informatiklehrausbildung

2.1 Umsetzung des Themas „Inklusiver Informatikunterricht“ im Lehramt

Zunächst betrachten wir die aktuelle Situation der Umsetzung des Themas Inklusion in der Informatiklehrausbildung. 19 der 34 Befragten gaben an, dass das Thema „Inklusiver Informatikunterricht“ im Informatik-Lehramtsstudium an ihrer Hochschule *zumindest teilweise* bereits umgesetzt wird (Tab. 1). 17 der 19 Befragten, bei denen bereits das Thema „Inklusiver Informatikunterricht“ umgesetzt wird, antworteten mit detaillierteren Informationen zu ihrer Umsetzung. An den meisten Hochschulen wird Inklusion erst in den letzten Jahren in den DDI-Veranstaltungen umgesetzt (Abb. 1). Zehn der 17 Befragten antworteten, dass ihre Studierenden im Bachelor- und Masterstudiengang DDI-Veranstaltungen mit dem Thema Inklusion belegen; weitere drei „nur im Bachelorstudiengang“ und vier „nur im Masterstudiengang“.

	BW	BY	BE	HE	NI	NW	RP	SL	SN	SH	Summe
Ja	0	2	1	1	2	8	3	0	1	1	19
Nein	6	2	0	2	1	1	2	1	0	0	15

Tab. 1: Umsetzung des Themas „Inklusiver Informatikunterricht“ in der DDI (n=34)

Bezüglich der Erfahrungen der Befragten mit der Umsetzung des Themas „Inklusiver Informatikunterricht“ zeigt Tab. 2 das Ergebnis der Mehrfachauswahlfrage „Welche Diversitätsaspekte werden in den DDI-Veranstaltungen angesprochen?“. Alle Befragten gaben an, dass der Diversitätsaspekt „Geschlecht“ aufgenommen wurde, und mehr als 80 % der 17 Befragten thematisierten bereits den Aspekt „Lernschwierigkeiten“. Jedoch wurden einige andere Aspekte, wie z. B. „motorische/sensorische Beeinträchtigung“ und „emotionale/soziale Entwicklung“ im Vergleich etwas weniger angesprochen.

³ Basierend auf das Suchergebnis mit dem Suchwort „Lehramt Informatik“ im Hochschulkompass: <https://www.hochschulkompass.de/home.html>, Stand 21. 09 2020

⁴ Allerdings existieren mehr Rückmeldungen als Hochschulen aus den Ländern NRW und Rheinland-Pfalz. Deshalb muss mit einer leicht verfälschten Auswertung gerechnet werden; den Gesamteindruck beeinflusst dies jedoch nur gering.

⁵ Baden-Württemberg (BW), Bayern (BY), Berlin (BE), Hessen (HE), Niedersachsen (NI), Nordrhein-Westfalen (NW), Rheinland-Pfalz (RP), Saarland (SL), Sachsen (SN) und Schleswig-Holstein (SH)

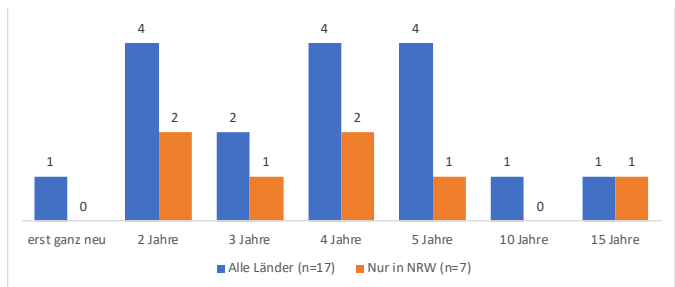


Abb. 1: Zeit in Jahren, seit der das Thema Inklusion in der Informatiklehrausbildung zumindest teilweise implementiert ist.

Diversitätsaspekte	Quote
Geschlecht	100,00 %
Lernschwierigkeiten	82,35 %
Hochbegabung	70,59 %
kultureller Hintergrund	70,59 %
sprachliche Kompetenzen	70,59 %
motorische/sensorische Beeinträchtigung	64,71 %
soziale Herkunft	64,71 %
emotionale/soziale Entwicklung	41,18 %
geistige Entwicklung	41,18 %
Religion	17,65 %

Tab. 2: Diversitätsaspekte, die in den DDI-Veranstaltungen angesprochen wurden (n=17)

2.2 **Hürden der Umsetzung des Themas Inklusion in DDI-Veranstaltungen**

Als Nächstes betrachten wir die Fälle, in denen das Thema „Inklusiver Informatikunterricht“ noch nicht umgesetzt wird (n=14). Fünf Befragte denken aktuell über die Umsetzung des Themas nach (BW:1, BY: 1, NI: 1, NW: 1, RP: 1). Weitere sechs Befragte sind der Meinung, dass es noch keine Notwendigkeit für die Umsetzung des Themas in DDI-Veranstaltungen gibt (BW: 3, HE: 2, SL: 1).

In Tab. 3 werden die Ergebnisse der Mehrfachauswahlfrage „Aus welchen Gründen wird inklusiver Informatikunterricht noch nicht umgesetzt?“ zusammengefasst. Der am häufigsten genannte Grund ist, dass es an DDI-Dozierenden mit Fachkenntnissen in der Sonderpädagogik fehlt; das gaben zehn von 14 Befragten (71,43 %) als Grund an (insbesondere sieben von acht Befragten, die eine Notwendigkeit der Umsetzung dieses Themas erkennen, und vier von fünf Befragten, die aktuell über die Umsetzung nachdenken). Problematisch ist, dass nur drei von allen 34 Befragten angaben, dass es in ihrer Arbeitsgruppe eine Person mit sonderpädagogischem Wissen gibt, um das Thema „Inklusiver Informatikunterricht“ ausreichend zu behandeln (BE:1, NW:1, RP: 1).

Grund	Quote
Es fehlt an DDI-Dozierenden mit Fachkenntnissen in der Sonderpädagogik	71,43 %
Es gibt noch keine Anforderung	42,86 %
Es gibt nicht genügend wissenschaftlich erforschte Ideen zum inklusiven Informatikunterricht	42,86 %
Die Umsetzung des Themas Inklusion in DDI-Lehrveranstaltungen ist aufgrund des beschränkten Zeitaufwands in Vorlesungszeiten schwer	35,71 %
Das Thema Inklusion soll im nicht fachspezifischen Teil des Lehramtsstudiums statt in der DDI-Lehrveranstaltung angesprochen werden	28,57 %
Die Entwicklung einer Lehrveranstaltung mit dem Thema Inklusion ist aufgrund der zeitlichen und/oder finanziellen Einschränkung schwer	21,43 %
Das Thema Inklusion soll ab der 2. Phase der Lehrerbildung (also in der Praxis) statt im Lehramtsstudium angesprochen werden	14,29 %

Tab. 3: Aus welchen Gründen wird Inklusiver Informatikunterricht noch nicht umgesetzt? (n=14)

3 Fazit

Die Bildungspolitik in Deutschland zielt auf die Stärkung der Inklusion in den Schulen ab, deshalb sollten alle Lehramtsstudierenden auf die Umsetzung eines inklusiven Informatikunterrichts vorbereitet werden. Um diesen Bedarf zu decken, wird an vielen Hochschulen das Thema „inklusive Informatikunterricht“ bereits behandelt. Jedoch stehen diese Bemühungen erst noch am Anfang. Fakt ist, dass es in beinahe allen Fällen an Personen mit sonderpädagogischem Wissen im Bereich der DDI mangelt. Wir sehen daher einen großen Bedarf für die Weiterentwicklung der universitären inklusionsorientierten Informatiklehrmatsausbildung, inklusive einer Fortbildung der DDI-Dozierenden.

Literatur

- [AF20] Akao, K.; Fischer, J.: Wie läuft die Umsetzung inklusiven Informatikunterrichts tatsächlich? – Eine Lehrerumfrage zum inklusionsorientierten Unterricht. In (Thomas, M.; Weigend, M., Hrsg.): Mobil mit Informatik. BoD, Norderstedt, S. 9–18, 2020.
- [BD14] Beck, C.; Deutsche Unesco-Kommission: Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. Dt. UNESCO-Kommission e.V, Bonn, 2014.
- [CG16] Capovilla, D.; Gebhardt, M.: Assistive Technologien für Menschen mit Sehschädigung im inklusiven Unterricht. Zeitschrift für Heilpädagogik 1/67, S. 4–15, 2016.
- [HNR06] Hartmann, W.; Näf, M.; Reichert, R.: Informatikunterricht planen und durchführen. Springer, Berlin, 2006.
- [Le11] Leonhardt, A.: Inklusion als fachspezifische Aufgabe der Gehörlosen- und Schwerhörigenpädagogik. Sprache · Stimme · Gehör 35/, S. 222–223, 2011.

Teilautomatisierte Begriffsanalyse zur Ermittlung zentraler Fachkonzepte im Bereich Eingebettete Systeme

Jörg Bader,¹ Mareen Przybylla²

Abstract: Physical Computing ermöglicht Schülerinnen und Schülern, im Informatikunterricht einfache eingebettete Systeme zu entwerfen. Dabei rücken fachliche Inhalte in den Fokus, die für viele Lehrpersonen noch unbekannt sind, infolge dessen werden die neuen Technologien derzeit häufig „nur“ als moderne Werkzeuge zur Vermittlung bereits etablierter Inhalte genutzt. Um das Potenzial der Themen stärker auszuschöpfen, arbeiten wir an der Entwicklung eines Kompetenzkatalogs für Physical Computing. Hierzu analysieren wir teilautomatisiert Fachliteratur zum Fachgebiet Eingebettete Systeme hinsichtlich zentraler Konzepte. In diesem Beitrag stellen wir die Analysemethode sowie erste Ergebnisse vor und geben einen Ausblick auf die nächsten Projektschritte.

Keywords: Physical Computing; Eingebettete Systeme; Konzepte; Dokumentenanalyse

1 Einführung und Motivation: Physical Computing in der Schule

Beim Physical Computing erwerben Schülerinnen und Schüler Kompetenzen des prototypischen Entwurfs einfacher eingebetteter Systeme. Neben der Programmierung rücken auch die Untersuchung von Eigenschaften eingebetteter Systeme sowie die Herausforderungen bei deren Entwurf in den Fokus des Unterrichts. Es gibt eine große Vielfalt an möglichen Schwerpunkten, sowohl inhaltlich als auch methodisch. Die Bewertung entstehender Projekte anhand transparenter und objektiver Kriterien ist nicht trivial und führt teilweise zu Unsicherheiten auf Seiten der Lehrpersonen. Insbesondere ergeben sich Zielkonflikte, wenn bei kreativen und gut gestalteten Produkten eine Diskrepanz zur Qualität der Informatikinhalte festgestellt werden kann [PR17]. Unabhängig davon, ob eine summative Beurteilung des Endprodukts oder eine Rückmeldung zum Lernprozess gegeben werden soll, ist es wichtig zu klären, welche Kompetenzen die Lernenden erwerben sollen. Unsere derzeitige und zukünftige Arbeit strebt daher einen kompakten und strukturierten Überblick über die Schlüsselkonzepte³ des Physical Computings an, um die übergeordneten Informatikkonzepte des Bildungsbereichs [De04] zu verfeinern. Daraus wird ein Bewertungsraster für Physical Computing entwickelt, das Lehrpersonen darin unterstützt, ihren Fokus zu wählen und ihr Feedback auf möglichst objektive Kriterien zu stützen. In diesem Artikel stellen wir mit einer teilautomatisierten Dokumentenanalyse einen Arbeitsschritt in dieser Richtung vor.

¹ Pädagogische Hochschule Luzern, Fachdidaktik Medien und Informatik, Luzern, Schweiz joerg.bader@phlu.ch

² Pädagogische Hochschule Schwyz, Institut für Medien und Schule, Goldau, Schweiz mareen.przybylla@phsz.ch

³ Als Schlüsselkonzepte werden zugrundeliegende Konzepte des Fachgebietes verstanden, die einen Zugang zum gesamten Fachgebiet darstellen und ein Verständnis der zentralen Themen und Ideen ermöglichen (vgl. [GR17]).

2 Ermittlung zentraler Konzepte

2.1 Teilautomatisiertes Vorgehen

Eine manuelle Zusammenstellung aller Schlüsselkonzepte, die den vielfältigen fachlichen Aspekten eingebetteter Systeme gerecht wird, ist schwierig, die objektive Gewichtung von Begriffen und Konzepten bezüglich ihrer Wichtigkeit fast unmöglich. Wir analysieren daher als Ergänzung zu einer manuellen Analyse teilautomatisiert verschiedene Texte, die sich mit eingebetteten Systemen befassen. Um unerwünschte Verzerrungen (Bias, Einseitigkeit, ungewöhnliche Begriffsbildungen) möglichst zu vermeiden, wird jeweils eine sorgfältig zusammengestellte Auswahl von Textdokumenten in Kategorien zusammengefasst (siehe Abschnitt 2.2). In jeder Kategorie werden die Dokumente gemeinsam auf häufig auftretende Wörter und Wortgruppen untersucht. Taucht ein Wort besonders häufig, in verschiedenen Literaturquellen und in mehreren der Kategorien auf, so ist dies ein Indiz dafür, dass es sich um einen Fachbegriff handeln könnte. Das grundsätzliche Vorgehen einer solchen Textanalyse ist etabliert und die vielfältigen Vorteile dargelegt [Ma04].

Für die automatisierte Textanalyse verwenden wir ein eigenes Pythonprogramm, das unter anderem auf das Python-Package spaCy zurückgreift, ein Werkzeug zur Verarbeitung natürlichsprachlicher Informationen („natural language processing“). Eine Tagging-Funktion von spaCy kann Wörter bezüglich ihrer syntaktischen Bedeutung im Satz einordnen und insbesondere für eine Vielzahl von Wörtern deren Wortart zuverlässig herausfinden. Verschiedene Sprachen sind in spaCy vorimplementiert, zum Sprachwechsel sind nur leichte Anpassungen in unserem Programmcode nötig. In den zu analysierenden Dokumenten führen wir eine Häufigkeitsanalyse der enthaltenen Substantive, Adjektive und derjenigen Wörter durch, deren Wortart spaCy nicht erkennt. Insbesondere typische Stoppwörter sind in unserer Häufigkeitsanalyse so nicht mehr enthalten. In einem zweiten Schritt filtern wir nochmals die Substantive und Adjektive aus dem Text und interpretieren alle Paare aufeinanderfolgender Wörter als Wortpaare. Häufig auftretende Wortpaare deuten auf zusammengesetzte Fachbegriffe hin.

2.2 Literaturauswahl

Für unsere Analyse werden unter anderem Beiträge zur fachlichen und fachdidaktischen Forschung (Artikel von einschlägigen Konferenzen, Dissertationen) und Inhalte universitärer Bildung (Lehrbücher und Vorlesungsskripte) bezüglich der Häufigkeit enthaltener Begriffe verglichen. Als Testdatensatz für Forschungsbeiträge dient eine Auswahl der auf dem Dokumentenserver [arXiv.org](https://arxiv.org)⁴ veröffentlichten Artikel zum Thema eingebettete Systeme. Es

⁴ Bei [arXiv.org](https://arxiv.org) handelt es sich um eine Plattform zur Veröffentlichung wissenschaftlicher Dokumente (z. B. Preprints und andere unveröffentlichte Artikel). Hierbei findet zwar keine Qualitätskontrolle im Sinne eines Peer Reviews statt, es gibt jedoch eine Überprüfung bzgl. formaler Kriterien. Die Plattform bietet den Vorteil, dass dort abgelegte Artikel sehr aktuell sein können. Die eingeschränkte Qualitätskontrolle fällt für unseren Zweck weniger ins Gewicht, da eine Übersicht über relevante Themen und Begriffe nichtsdestotrotz gewonnen werden kann.

wurden alle Artikel zusammengestellt, deren Titel das Stichwort „Embedded System“ enthält und in deren Abstract „Hardware“⁵ enthalten ist. Eingeschränkt auf die Erscheinungsjahre 2011 bis 2020 und das Themengebiet „Computer Science“ entspricht dies 46 Artikeln. Diese beziehen sich alle im engeren oder weiteren Sinn auf eingebettete Systeme. Die Bücherauswahl für unseren Testdatensatz beruht auf Literatur, die typischerweise im Hochschulunterricht verwendet wird (z. B. [Ac07; Bu04; Ca02; Ma03; Wo12]). Zusätzlich wurden die Konferenzbände der Reihe „Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education (WESE)“ aus den Jahren 2010 bis 2016 analysiert. Diese geben einen Einblick in fachdidaktische Forschung.

2.3 Erste Resultate

Die automatisierte Ausgabe enthält auch bei häufig auftretenden Wörtern und Wortpaaren noch eine Vielzahl an Begriffen (ca. 50%), die nicht zur Identifikation potenzieller Schlüsselkonzepte dienen und manuell entfernt werden müssen, während deren Anteil in englischsprachiger Literatur geringer ist als in deutschsprachiger. Wortpaare sind häufig nicht vollständig, liefern jedoch meist gute Hinweise auf die eigentlichen Begriffe (z. B. „time systems“, „internet things“). Beim manuellen Prüfen der extrahierten Begriffe zeigt sich auch, dass einige häufig auftretenden Wörter und Wortpaare aufgrund fehlenden Kontexts nicht oder nicht eindeutig einem Konzept zugeordnet werden können (z. B. „test“ – es ist unklar, ob sich dies auf den Test von Hard-/Software bezieht oder um eine Leistungsüberprüfung handelt).

Im Resultat ergeben unsere ersten Analysen Wortlisten, die einen Vergleich zwischen den Literaturkategorien zulassen. Es zeigt sich beispielsweise, dass in der Proceedings-Serie „WESE“ mehr übergeordnete Begriffe unter den häufig vorkommenden sind, während Forschungsbeiträge und Lehrbücher oft spezielle Themen im Bereich eingebettete Systeme fokussieren: Begriffe wie z. B. „execution time“, „power consumption“ oder „address space“ sind hier unter den zehn am häufigsten vorkommenden Begriffen. In der Liste der WESE-Proceedings tauchen äquivalente Begriffe erst auf den Plätzen 32, 110 und 209 auf. Hierbei muss beachtet werden, dass es sich bei WESE um eine Fachdidaktik-Konferenz handelt, während sich Beiträge zu fachwissenschaftlichen Konferenzen üblicherweise eher auf spezielle Teilgebiete konzentrieren. Dies deutet darauf hin, dass im Bildungsbereich die Schwerpunkte eher auf übergeordnete Konzepte gelegt werden, die für alle relevant sind.

3 Ausblick

Die teilautomatisierte Ermittlung der Begriffe aus verschiedenen Datenquellen hilft, die für verschiedene Autoren und Zielgruppen relevanten Fachbegriffe (potenzielle Schlüsselkonzepte) möglichst vollständig zu erfassen und dient vor allem dazu, die parallel stattfindende

⁵ Das Stichwort *Hardware* wurde ergänzt, um Artikel zu z. B. biologischen eingebetteten Systemen auszufiltern. Die Suche wurde mit englischsprachigen Begriffen durchgeführt, da der Großteil der auf arXiv.org angebotenen Artikel englischsprachig ist.

manuelle Ermittlung von Schlüsselkonzepten zu ergänzen und auf Vollständigkeit zu prüfen. In den nächsten Schritten werden zunächst manuell ermittelte Fachbegriffe in einem Begriffscluster kategorisiert und anschließend mit Begriffen abgeglichen, die aus einer erweiterten teilautomatisierten Analyse mit größerem Literaturkorpus stammen, um mögliche Lücken zu identifizieren und gleichzeitig die identifizierten Konzepte zu validieren. Ein ähnliches Verfahren wurde bereits für den Bereich Data Management vorgeschlagen und durchgeführt [GR17].

Im Anschluss wird mittels Unterrichtsunterlagen der Zielstufe untersucht, inwieweit die für Wissenschaft, Anwendung und die weitere Ausbildung relevanten Fachbegriffe schon in der Schule vermittelt werden. So kann auf mögliche Lücken im Curriculum hingewiesen werden. Ob jede dieser Lücken schon in der Schule gefüllt werden kann oder sollte, ist im Einzelfall zu entscheiden. Die Erkenntnisse des resultierenden Kompetenzkatalogs sollen in ein Bewertungsraster für Physical-Computing-Projekte einfließen, wie es von vielen Lehrpersonen gewünscht wird und für andere Bereiche bereits vorliegt [We20]. Das entstehende Bewertungsraster für Physical-Computing-Projekte an der Schule wird dann in Feldversuchen überprüft und nachgebessert.

Literatur

- [Ac07] Aceto, L.; Ingolfssdottir, A.; Larsen, K. G.; Srba, J.: *Reactive Systems: Modelling, Specification and Verification*. Cambridge University Press, 2007.
- [Bu04] Buttazzo, G.: *Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications*. Springer, 2004.
- [Ca02] Catsoulis, J.: *Designing Embedded Hardware*. O'Reilly, 2002.
- [De04] Denning, P. J.: Great principles in computing curricula. In: *Proceedings of the 35th SIGCSE technical symposium on CS education*. S. 336–341, 2004.
- [GR17] Grillenberger, A.; Romeike, R.: Empirische Ermittlung der Schlüsselkonzepte des Fachgebiets Datenmanagement. In: *Proceedings der INFOS 2017*. Gesellschaft für Informatik, Bonn, S. 157–166, 2017.
- [Ma03] Marwedel, P.: *Embedded System Design*. Kluwer Academic, 2003.
- [Ma04] Mayring, P.: *Qualitative content analysis. A companion to qualitative research 1/2*, S. 159–176, 2004.
- [PR17] Przybylla, M.; Romeike, R.: The Nature of Physical Computing in Schools. In: *Koli Calling '17*. Association for Computing Machinery, S. 98–107, 2017.
- [We20] Weeda, R.; Izu, C.; Kallia, M.; Barendsen, E.: Towards an Assessment Rubric for EiPE Tasks in Secondary Education. In: *Koli Calling '20*. Association for Computing Machinery, 2020.
- [Wo12] Wolf, M.: *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*. Elsevier Science, 2012.

Poster

Der Schildkröte das Fliegen beibringen

Mit Augmented Reality algorithmisches Denken fördern

Gregor Milicic,¹ Sina Wetzel,¹ Matthias Ludwig¹

Abstract: Im Rahmen eines Erasmus+ Projektes entwickeln wir eine Lernumgebung, in der die Aktionen einer virtuellen Drohne mittels einer blockbasierten Programmiersprache angesteuert und unter Nutzung von Augmented Reality auf dem eigenen mobilen Endgerät betrachtet werden können.

Keywords: Augmented Reality; Algorithmisches Denken; Turtle-Grafik; Lernumgebung

Die Nutzung neuer Technologien im Schulunterricht kann für Schüler*innen sehr motivierend sein [HEM20] und bietet gerade in den naturwissenschaftlichen Fächern viele thematische Anknüpfungspunkte. Drohnen als eine dieser neuen Technologien werden neben naheliegenden Anwendungen in der Logistik und Medienproduktion auch vermehrt im Bildungsbereich genutzt. Der Einsatz von Drohnen im regulären Unterricht birgt jedoch viele organisatorische Hürden (Platzbedarf und Wahrung der Sicherheit) sowie zusätzliche Kosten [Mi20]. Digitale Settings können hier Abhilfe schaffen. Im Rahmen des <colette/>-Projekts (Computational Thinking Learning Environment for Teachers in Europe²) haben wir den Prototypen einer Lernumgebung zur Programmierung einer virtuellen Drohne entwickelt. Dem Bring-Your-Own-Device-Ansatz folgend, können Schüler*innen die Aktionen einer virtuellen Drohne auf dem eigenen Smartphone unter Nutzung einer blockbasierten Programmiersprache steuern. Die Anzeige der Aktionen und Bewegungen erfolgt mittels Augmented Reality (AR) nach Ausrichtung der Kamera des mobilen Endgeräts auf den AR-Marker direkt am Bildschirm. Die Lernumgebung ist damit der Form des „Image-based AR“ [Bu18] einzuordnen, wobei der Bildschirm als „Magic Window“ fungiert.

Ein entsprechendes Szenario ist in Abbildung 1 (rechts) dargestellt. Die Drohne soll alle an den Seitenflächen des Turms vorhandenen Bilder abfotografieren und eine Lieferung auf der Spitze des Turms abladen. Ein Algorithmus zur Lösung dieser Problemstellung unter Nutzung der blockbasierten Programmiersprache ist in Abbildung 1 (links) gegeben. Der Transfer in den virtuellen Raum bietet außerdem die Möglichkeit, dass die Funktionalitäten von ansonsten sehr teuren Drohnen simuliert werden können, wie z. B. der Transport von Objekten oder auch das Scannen der virtuellen Umgebung.

¹ Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Didaktik der Mathematik und Informatik, Robert-Mayer-Str. 6-8, 60325, Frankfurt am Main, Deutschland, {milicic,wetzel,ludwig}@math.uni-frankfurt.de

² www.colette-project.eu, Fördernummer: 2020-1-DE03-KA201-077363

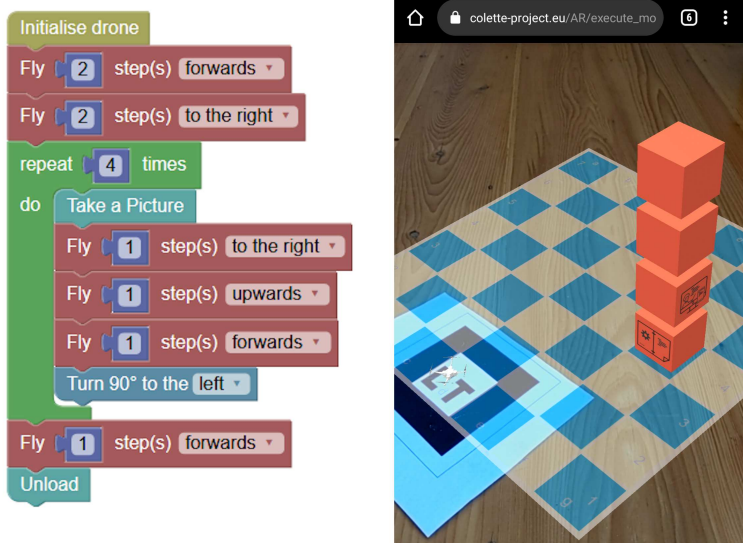


Abb. 1: Mithilfe eines eigenen Algorithmus (links) kann die virtuelle Drohne (rechts) gesteuert werden.

Analog wie sein historischer Vorgänger, die Turtle Grafik [Pa80], soll mithilfe des Prototypen das algorithmische Denken in verschiedenen Szenarien mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen [MWL20] gefördert werden. Erste Rückmeldungen von Lehrkräften waren sehr positiv und das Interesse, den Prototypen im Unterricht auszuprobieren, war groß. Insbesondere der niedrighschwellige Einstieg durch das BYOD-Prinzip sowie den intuitiven inhaltlichen Zugang zum Programmieren wurden als vorteilhaft bewertet.

Literatur

- [Bu18] Buchner, J.: Real - nur besser. Augmented Reality für individualisiertes Lehren und personalisiertes Lernen. *Computer+Unterricht* 110/, S. 29–31, Mai 2018.
- [HEM20] Hernández de Menéndez, M.; Escobar, C.; Morales-Menendez, R.: Technologies for the future of learning: state of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* 14/, Juni 2020.
- [Mi20] Milicic, G.: Algorithmen und Neue Medien. *Mathematik im Unterricht* 11/, S. 34–42, Feb. 2020.
- [MWL20] Milicic, G.; Wetzel, S.; Ludwig, M.: Generic Tasks for Algorithms. *Future Internet* 12/9, 2020, ISSN: 1999-5903, URL: <https://www.mdpi.com/1999-5903/12/9/152>.
- [Pa80] Papert, S.: *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, 1980.

Forschungsprojekt *Fachdidaktik des konzeptuellen Modellierens*

Markus Fischer¹, Stefan Strecker¹

Abstract: Konzeptuelles Modellieren – verbunden mit den Lehr-/Lernzielen der Datenmodellierung und objektorientierten Modellierung – bildet einen Schwerpunkt des informatischen Schulunterrichts in der Sekundarstufe II. Beiträge zur Grundlagenforschung der konzeptuellen Modellierung zeigen auf, dass konzeptuelles Modellieren sprachliche Reflexion und sprachliches Abstraktionsvermögen fordert und fördert, und nicht als mechanisch anzuwendende Technik zu begreifen ist, sondern eingebettet sein sollte z. B. in Vorüberlegungen einer sprachlich vermittelten Wirklichkeit. Dieses Forschungsprojekt zielt darauf, eine *Fachdidaktik des konzeptuellen Modellierens* zu entwickeln und vorzuschlagen, in der die Besonderheiten und Spezifika des konzeptuellen Modellierens in zweifacher Hinsicht Berücksichtigung finden: (1) gestützt auf Erkenntnisse der Grundlagenforschung der konzeptuellen Modellierung und (2) gestützt auf ein multi-methodisches Forschungsdesign, das Befragungen prospektiver Lehrer*Innen einschließt.

Keywords: Fachdidaktik; Konzeptuelles Modellieren; Lehren und Lernen; Sekundarstufe II

1 Motivation und Problemstellung

Konzeptuelles Modellieren (kM) ist weit mehr als das „Zeichnen“ grafischer Modelle, etwa eines Datenmodells als Entity-Relationship-Diagramm: Es ist eine komplexe, herausfordernde Aktivität, die miteinander eng verwobene kognitive Prozesse und motorische Handlungen bedingt, darunter sprachliches Reflektieren, Abstrahieren und Visualisieren [RTS19; St20]. Ein konzeptuelles Modell entsteht durch eine (re-)konstruierende sprachliche Abstraktion und ist damit eine zweckgerichtete sprachliche (Re-)Konstruktion einer Wirklichkeitswahrnehmung [Fr14, S. 49]. Sprachliches Reflektieren bildet eine zentrale Herausforderung für den schulischen Unterricht. Zusätzlich ist neben dem „Zeichnen“ eine Auseinandersetzung mit theoretischen und methodischen Grundlagen sowie eine Reflexion der Modellierungszwecke und -entscheidungen sinnvoll, um auch auf zukünftige Anwendungsfelder vorzubereiten.

Eine entsprechende Auseinandersetzung fördert zudem das abstrakte Wissen, das im Rahmen der Digitalisierung nötig ist. In naher Zukunft werden deutlich mehr Aspekte des Lebens mit Hilfe von Werkzeugen wie konzeptuellen Modellen – auch von Endbenutzern [Fr14, S. 51] – dargestellt werden. KM ist als wichtiger Bestandteil des Schulunterrichts anzusehen, da es kognitive und motorische Prozesse, ein hohes sprachliches Reflexionsvermögen und einen hohen Grad an Abstraktionsfähigkeit voraussetzt und schult [St20]. Hierzu ist die

¹ FernUniversität in Hagen, Enterprise Modelling Research Group, Universitätsstr. 41, 58084 Hagen, Deutschland
{markus.fischer,stefan.strecker}@fernuni-hagen.de

Entwicklung einer *Fachdidaktik des konzeptuellen Modellierens* (FdkM) sinnvoll. Das Forschungsprojekt fokussiert auf folgende Aspekte: (1) Welchen spezifischen Herausforderungen sehen sich Lehrer*Innen beim Unterrichten des kM in der Sekundarstufe II gegenüber? (2) Wie können Lehrer*Innen mit einer FdkM unterstützt werden?

2 Theoretischer Hintergrund und geplantes Vorgehen

Zu den zu thematisierenden theoretischen Hintergründen gehören neben der Allgemeinen Modelltheorie nach Stachowiak (1973) [St73] auch ein abbildungs- [Br03] und ein konstruktionsorientiertes [Sc98; Th02, S. 23] Modellverständnis, die sich in der Wirtschaftsinformatik entwickelt haben. In diesem Forschungsprojekt wird einem konstruktionsorientierten Modellverständnis und einer konstruktivistisch geprägten lerntheoretischen Ausrichtung gefolgt. Es werden Unterrichtseinheiten beobachtet, Unterrichtsmaterialien ausgewertet und Lehrkräfte mittels Leitfadeninterviews befragt. Für die Entwicklung einer FdkM werden Vorschläge für authentische Beispiele und zu beachtende kognitive wie motorische Aspekte dargelegt sowie Anknüpfungspunkte an andere Unterrichtsfächer und Lebensbereiche aufgezeigt.

Literatur

- [Br03] vom Brocke, J.: Referenzmodellierung: Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen, Diss., Berlin: Universität Münster, 2003.
- [Fr14] Frank, U.; Strecker, S.; Fettke, P.; vom Brocke, J.; Becker, J.; Sinz, E.: Das Forschungsfeld „Modellierung betrieblicher Informationssysteme“: Gegenwärtige Herausforderungen und Eckpunkte einer zukünftigen Forschungsagenda. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 56/1, S. 49–54, 2014.
- [RTS19] Rosenthal, K.; Ternes, B.; Strecker, S.: Learning Conceptual Modeling: Structuring Overview, Research Themes and Paths for Future Research. In: 29th European Conference on Information Systems (ECIS). Stockholm, Sweden, Research Paper 137, 2019.
- [Sc98] Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung: Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle, Diss., Wiesbaden: Universität Münster, 1998.
- [St20] Strecker, S.: Enterprise Modelling Research Group at University of Hagen. In (Koschmider, A.; Weidlich, M., Hrsg.): 40 Years EMISA 2019. Bd. P-304. Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik e. V., Bonn, S. 195–199, 2020.
- [St73] Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien, New York, 1973.
- [Th02] Thomas, M.: Informatische Modellbildung – Modellieren von Modellen als ein zentrales Element der Informatik für den allgemeinbildenden Schulunterricht, Diss., Universität Potsdam, 2002.

Fachfremd unterrichten – Chancen und Grenzen

Mina Ghomi,¹ Hendrik Lohmann,¹ Andreas Mühling,² Niels Pinkwart¹

Abstract: Der Beitrag skizziert am Beispiel einer Unterrichtseinheit zum Heron-Verfahren eine Möglichkeit, wie im Mathematikunterricht informatische Konzepte vermittelt werden können. Der Fokus liegt dabei auf Unterstützungsmöglichkeiten und Umsetzbarkeit für fachfremde Lehrkräfte.

Keywords: Algorithmen; digitale Kompetenz; Programmierung; Lehrkräftebildung

1 Einleitung und Methodik

Die „Kompetenzen in der digitalen Welt“ samt der Kompetenz 5.5 „Algorithmen erkennen und formulieren“ sollen gemäß der Kultusministerkonferenz (KMK) [Ku17] in den Jahrgangsstufen 1-10 curricular eingebunden sein. In diesem Kontext untersuchen wir eine Unterrichtseinheit (UE) zum Thema „Algorithmen“ im Mathematikunterricht, da Algorithmen gemäß der Bildungsstandards auch dort verortet werden können, und gehen der Frage nach, inwiefern Mathematiklehrkräfte auf Basis von bereitgestelltem Material auch informatische Konzepte im Mathematikunterricht integrieren können.

Exemplarisch wurde eine UE zum iterativen Heron-Verfahren entwickelt, die in der Programmierung mit Scratch endet. Dabei werden drei informatische Konzepte thematisiert: 1) Algorithmus als maschinenausführbare Beschreibung in einer Programmiersprache; 2) Variablenkonzept in der Programmierung als Bezeichner für einen veränderbaren Speicher und 3) Kontrollstruktur der Wiederholung. Neben detaillierten Stundenverlaufsplänen, sowie Arbeitsblättern und Tafelbildern wurde ein Erklärvideo bereitgestellt, welches das Heron-Verfahren und die informatischen Fachinhalte erläutert und in Scratch einführt.

Zur Erprobung der UE wurden zwei Mathematiklehrkräfte (L1, L2) zweier 8. Klassen eines Berliner Gymnasiums ausgewählt. L1 hat Informatik als zweites Fach, L2 hat keine informatischen Vorkenntnisse. Alle Unterrichtsstunden (UStd) wurden mit Hilfe von Beobachtungsbögen und Selbsteinschätzungsfragen sowie abschließend mittels eines leitfadengestützten Interviews evaluiert. Weitere Mathematiklehrkräfte wurden mittels Online-Umfrage zur Umsetzbarkeit der UE nach vorheriger Präsentation aller Materialien befragt. Die Auswertung der quantitativen Daten erfolgte deskriptiv und der transkribierten Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring [Ma10].

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Didaktik der Informatik/Informatik und Gesellschaft, Unter den Linden 6, 10099 Berlin, {mina.ghomi,hendrik.lohmann,niels.pinkwart}@hu-berlin.de

² Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Didaktik der Informatik, Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel, andreas.muehling@informatik.uni-kiel.de

2 Ergebnisse und Fazit

L1 fühlte sich bei der Durchführung stets sicher. L2 hingegen konnte nicht auf alle Beiträge der Schüler*innen reagieren, was sich in der Selbsteinschätzung widerspiegelt. Insgesamt hat sich L2 fast durchweg schlechter als L1 eingeschätzt. Auffällig ist, dass L2 in allen drei UStd der Meinung ist, keine angemessene Fachsprache zu verwenden und sich nach der dritten UStd in allen Aspekten negativ einschätzt. Im Interview begründet L2 die Unsicherheit mit der neuen Umgebung und der Verunsicherung durch die verschiedenen Probleme der Schüler*innen. Im Vergleich zu L1 mit 20 Minuten hat L2 insgesamt etwa drei Stunden für die Unterrichtsvorbereitung zusätzlich zu den Hilfestellungen aufgewendet. Die Lehrkraft L2 beurteilt dennoch abschließend, dass sie sich in der Lage sieht, die angestrebten Kompetenzen zu fördern, insbesondere wenn hierzu fertige Unterrichtskonzepte vorliegen.

An der Online-Umfrage zur Umsetzbarkeit der UE nahmen sechs Mathematik-Lehrkräfte ohne Informatik-Zweitfach teil. Lediglich eine Mathematiklehrkraft fühlte sich nach dem Anschauen des Erklärvideos nicht im Stande, die UE zu unterrichten und hatte auch nach dem Video noch offene Fragen. Die Durchführung der ersten und zweiten UStd zur Einführung des Heron-Verfahrens und einer ersten Umsetzung in Scratch (ohne die Verwendung von Wiederholungen) trauen sich alle restlichen fünf Befragten zu. Die Umsetzung der dritten UStd (Umsetzung in Scratch mit der Vermittlung und Verwendung von Wiederholungen) trauen sich letztlich nur noch vier zu. Insgesamt waren sich die Lehrkräfte einig, dass das Video zu ihrem Verständnis des Konzepts beigetragen habe.

Algorithmen können im Fach Mathematik aus einem informatischen Blick behandelt werden. Für einen solchen Schritt benötigen Mathematiklehrkräfte aber fachliche (und perspektivisch auch fachdidaktische) Unterstützung. Neben breiter angelegten Fortbildungsmaßnahmen könnten auch ausgearbeitete Unterrichtskonzepte ein Weg sein. Die Erfahrungen der Lehrkraft L2 zeigen in der Unterrichtspraxis dann aber die Grenzen eines solchen Ansatzes. Trotz intensiver Vorbereitung fühlte sich die Lehrkraft nicht sicher hinsichtlich der informatischen Aspekte (Algorithmen, Variablen, Wiederholungen, Programmierung mit Scratch), der Fachsprache und des Technikeinsatzes. Außerdem deuten die Freitextantworten der online befragten Mathematiklehrkräfte auf immense Akzeptanz- und Organisationsprobleme hin. Hier wird eine Diskrepanz zu Vorgaben der KMK und landesspezifischen Lehrplänen deutlich.

Literatur

- [Ku17] Kultusministerkonferenz: Strategie der Kultusministerkonferenz. „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017, 2017, URL: <https://t1p.de/y19z>.
- [Ma10] Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. In (Mey, G.; Mruck, K., Hrsg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S. 601–613, 2010, ISBN: 978-3-531-92052-8, URL: https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_42.

Workshops

Mitgliederversammlung der GI-Fachgruppe „Berufliche Bildung in Informatik“ (BBI)

Öffentliche Sitzung, Gäste herzlich willkommen

Simone Opel,¹ Steffen Jaschke²

Abstract: Die Fachgruppe „Berufliche Bildung in Informatik“ (FG BBI) der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) vertritt die Interessen aller Personen, die sich mit der beruflichen Ausbildung im IT- und Informatikbereich beschäftigen. Sie ist innerhalb der GI im Fachbereich „Informatik und Ausbildung / Didaktik der Informatik“ (FB IAD) verortet. Ziel der 2014 gegründeten Fachgruppe ist, die berufliche Informatikbildung zu fördern und innerhalb der Informatik sichtbarer zu machen.

Die jährliche Mitgliederversammlung findet in ungeraden Jahren im Rahmen der INFOS statt und dient dem Austausch zwischen den Mitgliedern der Fachgruppe, aber auch zur Vernetzung mit weiteren Akteurinnen und Akteuren der beruflichen Bildung.

Daher sind zur Mitgliederversammlung der Fachgruppe nicht nur alle Mitglieder herzlich eingeladen, sondern wir freuen uns über alle Interessierten, die gerne als Gäste an der Versammlung teilnehmen können.

Die Einladung mit der Tagungsordnung geht den Mitgliedern der Fachgruppe fristgerecht per Mail zu.

Keywords: Fachgruppe; Mitgliederversammlung; Berufliche Bildung

¹ FernUniversität in Hagen, Fakultät für Mathematik und Informatik, Universitätsstraße 27, 58097 Hagen, simone.opel@fernuni-hagen.de

² Universität Siegen, Didaktik der Informatik (DDI), Hölderlinstr. 3, 57076 Siegen, steffen.jaschke@uni-siegen.de

Informatische Bildung für alle Lehrkräfte – Position des GI-Arbeitskreises „Lehrkräftebildung“

Ira Diethelm¹

Abstract: Informatische Konzepte und die durch sie ermöglichten Systeme durchdringen alle Lebensbereiche seit längerem sichtbar und unsichtbar. Durch Digitalisierung verändern sich die Themen und die Praktiken in allen Wissenschaften, Studiengängen und Berufen. Zum Verständnis, zur Reflexion und zur Mitgestaltung dieser digital vernetzten Welt sind grundlegende Informatikkompetenzen notwendig.

Dies gilt insbesondere für Lehrkräfte zur Erfüllung des Bildungsauftrags. Um die Kompetenz aller Lehrkräfte und deren professionelles Handeln fachdidaktisch, medienpädagogisch und allgemeinpädagogisch weiterzuentwickeln und so diesem stetigen Wandel kritisch-konstruktiv zu begegnen, bedarf es einer Reflexion dieser Durchdringung und Transformation vor dem Hintergrund der Informatik. Zum Umgang mit dieser Transdisziplinarität ist daher ein Bezug zu informatischen Grundideen für alle Lehrkräfte die wissenschaftliche Grundlage. Auch Schulcurricula aller Schulstufen und Schulformen werden bereits dahingehend angepasst.

Der AK Lehrkräftebildung des Fachbereichs 'Informatik und Ausbildung / Didaktik der Informatik' (IAD) der Gesellschaft für Informatik e.V. befindet sich auf dem Weg zu Empfehlungen zur Bildung aller Lehrkräfte in Bezug auf Informatik, die transparent und kollaborativ erarbeitet werden. Als ersten Schritt hat der Arbeitskreis im Mai 2021 ein Positionspapier [GI21] formuliert. Der Arbeitskreis will in diesem Workshop den aktuellen Zwischenstand der Diskussion darstellen sowie Feedback und Ideen für die Weiterarbeit sammeln.

Keywords: Lehrkräftebildung; Informatik für alle; Positionspapier; Arbeitskreis

1 Aktueller Stand und Mitarbeit

Der aktuelle Stand des Arbeitskreises und dessen Mitgliederliste sind unter <https://ak-1k-bildung.gi.de/> einsehbar. Änderungsvorschläge, Mitarbeitsbekundungen und Kommentare werden jederzeit dankend entgegengenommen unter: ak-lebi@gi.de.

Literatur

[GI21] GI-Arbeitskreis „Lehrkräftebildung“: Position zur Bildung aller Lehrkräfte in Bezug auf Informatik, Gesellschaft für Informatik e.V. 2021, URL: <https://ak-1k-bildung.gi.de/position>, Stand: 18.05.2021.

¹ Sprecherin des AK Lehrkräftebildung, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Didaktik der Informatik, 26111 Oldenburg, ira.diethelm@uni-oldenburg.de

„Digitaler Informatikunterricht – Geht da noch was (mehr)?“

Marcel Lehmann,¹ Sven Hofmann²

Abstract: Die Diskussionen über digitalen Unterricht und digitale Schule sind nicht erst seit Beginn der COVID-19-Pandemie in aller Munde, haben in Zeiten von Homeschooling, Distanzunterricht und Web-Konferenzen aber noch einmal eine deutliche Intensivierung erfahren. Zwar war der Digitalisierungsbegriff schon vorher in Debatten präsent, zielte jedoch häufig auf Technik ab und fokussierte sich in erster Linie auf die Ausstattung der Schulen, Lehrkräfte und Lernenden mit digitalen Endgeräten. Auch wenn diese momentan noch nicht flächendeckend vorzusetzen ist, entwickelt sich die Digitalisierung des Unterrichtsprozesses aus didaktisch-methodischer Sicht immer mehr zur Herausforderung an die Lehrer*innen. Diese sehen sich in der Pandemie-Zeit in zunehmendem Maße mit Anforderungen zur Digitalisierung ihres Unterrichts konfrontiert, denen sie teilweise erfolgreich, teilweise mit Fehlvorstellungen oder in Ermangelung innovativer Ideen und Konzepte zu begegnen versuchen. Hoffnung wird hierbei häufig auf den Informatikunterricht gelegt. Ist dieser nicht ohnehin schon digitalisiert oder geht da noch mehr?

Im Rahmen des Projektes “Unterrichten mit digitalen Medien in Sachsen“ (UndiMeS) wurde ein Leitfadenkatalog zur Erstellung digitaler Lehr-Lern-Szenarien erarbeitet und in einem Wiki für alle zugänglich repräsentiert. Dieser wird den Teilnehmer*innen anhand eines Fallbeispiel präsentiert. Im Anschluss wird ein im Projekt UndiMeS entwickeltes, digitales Unterrichtsszenario „Algorithmen – Sortieren mit einer Waage“ für das Fach Informatik, Sekundarstufe I zum Ausprobieren und Mitdiskutieren vorgestellt. Das Szenario dient der Einführung in die Algorithmierung und die algorithmischen Grundstrukturen. Durch eigens entwickelte interaktive Lernvideos, angereichert mit H5P-Elementen, erhält die Lehrkraft die Chance eine beratende Rolle einzunehmen und die zentrale Figur zu verlassen. Die Schüler*innen sollen erkennen, dass bereits beim Sortieren von wenigen Zahlen ein Algorithmus paarweise Vergleiche durchführen muss. Sie bemerken, dass Menschen zwar geringe Mengen an Zahlen intuitiv in die richtige Reihenfolge bringen können, dies jedoch ab einer bestimmten Größenordnung ohne System komplexer oder gar unmöglich wird.

Um die Schüler*innen die Rolle eines Computers einnehmen zu lassen, dient eine entwickelte App mit einer Balkenwaage. Diese kann gleich aussehende Massestücke paarweise vergleichen. Mit Hilfe dieser Waage sollen die Lernenden die Massestücke in die richtige Reihenfolge bringen. Die Anzahl der benötigten Vergleiche wird dabei gezählt und dient als erster Berührungspunkt mit der Komplexitätsthematik. Die Teilnehmer*innen am Workshop erhalten einen detaillierten Einblick in die einzelnen Komponenten des Szenarios. Sie probieren die entwickelte App der Waage aus, testen die interaktiven Videos und bekommen so einen Eindruck von der freien und quelloffenen Software H5P. Die verwendeten Interaktionen werden vorgestellt und Möglichkeiten des H5P-internen Bewertungsmonitoring gegeben. Mittels dieses digitalen Lehr-Lern-Szenarios sollen die TeilnehmerInnen ein Gefühl für zeitgemäßen Informatikunterricht erhalten, der existierende Möglichkeiten mit neuen Applikationen verbindet und ein hohen Grad an Interaktion und Selbstständigkeit ermöglicht.

Keywords: digitaler Unterricht; Interaktivität; H5P; Informatikunterricht; Sortieralgorithmus

¹ Universität Leipzig, Didaktik der Informatik, Augustusplatz 10, 04109 Leipzig, Deutschland, marcel@hoja.digital

² Universität Leipzig, Didaktik der Informatik, Augustusplatz 10, 04109 Leipzig, Deutschland, sven.hofmann@informatik.uni-leipzig.de

Zentrale Webseite zur Übersicht von Projekten zur Informatik im Primarbereich

Darstellung der Vorarbeiten, des Status Quo und Erweiterung der Liste aktueller Projekteinträge

Alexander Best,¹ Martin Fricke,² Katharina Geldreich³

Abstract: Auf Grundlage der durch die Gesellschaft für Informatik (GI e. V.) veröffentlichten Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich von 2019 besteht derzeit der Bedarf an der Entwicklung von Beispielen zur Umsetzung der in dem Dokument dargestellten Kompetenzerwartungen: „Im Unterschied zu den von der GI 2008 und 2016 vorgelegten Empfehlungen für Bildungsstandards enthält das vorliegende Dokument zunächst keine begleitenden Beispiele.“ Für Lehrkräfte an Schulen, aber auch pädagogisches Personal an Bildungseinrichtungen besteht die Notwendigkeit, eine Passfähigkeit zu rechtlichen Grundlagen durch Lehrpläne oder Kompetenzrahmen für die Förderung informatischer Kompetenzen im Unterricht zu argumentieren. Lehrkräfte haben darüber hinaus selten die zeitlichen Ressourcen und fachlich-fachdidaktischen Möglichkeit, vorhandene Projekte zu recherchieren und auf deren Rahmenbedingungen zu überprüfen, um für sich geeignete Materialien oder Angebote zu finden. Die Ausrichtenden des Workshops haben es sich zum Ziel gemacht, diesem Umstand Rechnung zu tragen und eine einfache, schnelle und transparente Möglichkeit für Suchende bereitzustellen, Projekte mit geeigneten Materialien oder Angeboten im Bereich der informatischen Bildung im Primarbereich zu finden und im eigenen Unterricht umzusetzen. Die Webseite verfolgt das Ziel, Angebote für Schulen und pädagogische Einrichtungen sowie für Eltern zu bündeln. Auch sind außerschulische Lernorte und außerschulische Bildungsanbieter aufgeführt, z. B. für Exkursionen. Auf Grundlage von bisheriger Recherche und einer damit verbundenen Kategorienbildung ist ein Raster für die Darstellung von aktuellen Projekten entstanden. Einzelne Projekte wurden aufgrund pragmatischer Kriterien, z. B. durch den Einsatz spezifischer Mikrocontroller, nicht in den Pool der Projekte aufgenommen. Es hat sich ebenfalls ein Bild einer Gewichtung der bisherigen Projekte mit Schwerpunkten auf die GI-Inhaltsbereiche „Information und Daten“, „Algorithmen“ sowie „Informatiksysteme“ ergeben. Weitere Projekte müssen gesichtet und Projekteinträge erstellt werden. Die bisher nicht ausreichend berücksichtigten GI-Inhaltsbereiche, bspw. „Sprachen und Automaten“ oder „Informatik, Mensch und Gesellschaft“, müssen ggf. durch eigene Projektideen „from scratch“ erarbeitet werden.

Keywords: Primarbereich; Grundschule; Lehrerbildung

¹ Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Didaktik der Informatik, Corrensstraße 80, 48149 Münster, alexander.best@uni-muenster.de

² Bezirksregierung Düsseldorf, Dezernat 41, 40408 Düsseldorf, Martin.Fricke@brd.nrw.de

³ Technische Universität München, Didaktik der Informatik, Marsstr. 20–22, 80335 München, katharina.geldreich@tum.de

Mach es zu Deinem Spiel! – Online-Kurse zu einer grafischen Programmiersprache

Annabelle Bergum¹ ²; Christian Degand¹; Nadine Kirsch¹; Kerstin Reese¹ ³

Keywords: Online-Kurs; Grafische Programmiersprache; Informatische Inhalte; Kreativität; Grundschule; Sekundarstufe 1

Das InfoLab Saar, Schülerlabor für Informatik der Universität des Saarlandes, hat seit April 2020 mehr als 50 Online-Kurse angeboten. Im vorliegend skizzierten Workshop stellen wir einen Kurs zur grafischen Programmiersprache Scratch vor, indem wir zeigen, was sich in einem Online-Kurs gut umsetzen lässt oder wo Probleme auftreten können. Im Workshop werden die Teilnehmer*innen ähnlich wie die Kinder Schritt für Schritt ein Labyrinth-Spiel programmieren, außerdem begründen wir unsere Entscheidungen für den Ablauf des Online-Kurses. Die Wahl des Labyrinth-Spiels hat Vorteile, da die Kinder die Spielidee kennen und das Spiel rein linear entwickelt werden kann. Die Kinder lernen, dass ein großes Problem (“Ein Labyrinth-Spiel soll programmiert werden.”) in kleinere, lösbare Teilprobleme (“Wir brauchen eine Maussteuerung.”) zerlegt wird. Sie können sowohl erkennen, wenn ein Teilproblem erfolgreich gelöst worden ist, als auch die Spielmechanik nachvollziehen und weiterentwickeln. Ebenso müssen die Kinder Entscheidungen treffen, die den Ablauf des Spiels beeinflussen: Wann gewinnt man? Wie verliert man? Werden Punkte gezählt? Soll es mehrere Level geben? Auf diese Weise machen sie es zu ihrem Spiel. Wenngleich es für die Kinder meist der erste Kontakt mit einer grafischen Programmiersprache ist, können sie diese Designentscheidungen bereits nach einem zweistündigen Kurs treffen.

Nach dem Workshop haben die Teilnehmer*innen das Labyrinth-Spiel programmiert und wissen, welche informatische Inhalte mit diesem Projekt vermittelt werden können. Zudem haben Sie erfahren, was ein Scratch-Lehrer-Konto leisten kann, welche Besonderheiten sich aus dem Online-Setting ergeben und wie man dadurch entstehende Probleme lösen kann. Wir schließen den Workshop mit einer Diskussionsrunde ab, um Anregungen und Feedback der Teilnehmer*innen zu sammeln. Die Zielgruppe des Workshops sind sowohl Informatiklehrkräfte, die Scratch in der Grundschule oder Unterstufe unterrichten wollen, als auch Lehrkräfte, die Ideen für den nach- oder außerschulischen Bereich suchen.

¹ Universität des Saarlandes, Didaktik der Informatik, Campus E1 3, 66123 Saarbrücken, Deutschland, bergum@cs.uni-saarland.de, {chde00002,s8nakirs}@stud.uni-saarland.de, kerstin.reese@uni-saarland.de

² Graduate School of Computer Science, Saarland University

³ Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2035 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen im Informatikunterricht der Sek. I mit Jupyter Notebooks und Python am Beispiel von Entscheidungsbäumen und künstlichen neuronalen Netzen

Klaus Bovermann,¹ Yannik Fleischer,² Sven Hüsing,³ Christian Opitz⁴

Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) und des maschinellen Lernens (ML) werden für Individuen und die gesamte Gesellschaft zunehmend relevanter. Dies spiegelt nun auch der neue Kernlehrplan Informatik in Nordrhein-Westfalen ab dem Schuljahr 2021/2022 wider, der das Thema für die Stufen 5 und 6 als neuen Schwerpunkt aufgreift. Dort heißt es:

“Das maschinelle Lernen als Teilgebiet der künstlichen Intelligenz beschreibt dabei die Fähigkeit selbst- lernender Systeme, aus großen Datenmengen Muster und Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Dabei sind Entscheidungsbäume und künstliche neuronale Netze von besonderer Bedeutung. Das [...] altersgemäße Kennenlernen [...] des maschinellen Lernens bietet [...] Ansatzpunkte zur [...] Auseinandersetzung mit den gesellschaftlichen Folgen des Einsatzes der künstlichen Intelligenz.” [Min21]

In diesem Workshop werden erprobte Unterrichtsmaterialien zu KI ab Klasse 9 präsentiert. Thematisiert werden Entscheidungsbäume und künstliche neuronale Netze als zwei ML-Verfahren. Die Teilnehmenden können mit handlungsorientiertem Material sowie altersgerecht eingesetzten Jupyter Notebooks arbeiten und ergänzend werden die ML-Verfahren sowie die niedrigschwellige Einführung von Jupyter Notebooks inhaltlich vertieft.

Keywords: Data Science; Künstliche Intelligenz; Neuronale Netze; Entscheidungsbäume; Jupyter

Literatur

[Min21] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg. *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I - Klassen 5 und 6 in Nordrhein-Westfalen Informatik: (Entwurf Verbändebeteiligung vom 19.02.2021)*. Düsseldorf, 2021.

¹ Uni Bielefeld, Did. der Informatik, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld, klaus.bovermann@uni-bielefeld.de

² Uni Paderborn, Did. der Mathematik, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, yanflei@math.uni-paderborn.de

³ Uni Paderborn, Did. der Informatik, Fürstenallee 11, 33102 Paderborn, sven.huesing@uni-paderborn.de

⁴ TU Dortmund, Did. der Informatik, August-Schmidt-Straße 1, 44227 Dortmund, christian.opitz@tu-dortmund.de

Praxisworkshop: Kollaborative Dokumentenerstellung einfach und effizient

Ein praxisorientierter Blick auf den Einsatz von L^AT_EX in der Schule

Marei Peischl¹, André Hilbig^{2, 3}

Abstract: Das Textsatzsystem L^AT_EX findet im Schulalltag aktuell noch wenig Verbreitung. Dabei wäre der generische Ansatz zur Dokumentenerstellung durch das hohe Potenzial der Wiederverwendbarkeit und die Trennung von Inhalt und Format ein großer Gewinn.

Keywords: L^AT_EX; Schule; Dokumentenerstellung; Digitalisierung; Automatisierung

Die alltägliche Arbeit von Lehrer*innen benötigt die unterschiedlichsten Typen von Dokumenten. Jede*r kennt die Situationen* Mal eben schnell noch eine Präsentation inklusive Handout, eine Klausur in Physik und das Gutachten für eine*n Referendar*in erstellen. . .

Diese Aufgaben zusammen mit allen Beteiligten zu lösen, ist eine große Herausforderung. Der Workshop möchte aufzeigen, dass es durch eine Trennung von Inhalt und Formatierung möglich ist, Inhalte unabhängig voneinander als Bausteine wiederzuverwenden.

L^AT_EX-Nutzer*innen beschreiben in einer Art *Quelltext* neben den Inhalten auch die Struktur. Das Textsatzsystem ermöglicht eine automatisierte Verarbeitung und unterschiedliche Ausgabeformate. Es ist bspw. möglich Aufgaben und Lösungen in einer Quelle zu verwalten und durch die Konfiguration ein- bzw. ausblenden zu lassen. Häufig scheint die Einstiegshürde durch den Wechsel von einer grafischen Textverarbeitung hoch. Allerdings vermissen Nutzer*innen häufig die Möglichkeit für einfache, kollaborative Bearbeitung.

Im Workshop wird aufgezeigt, wie diese Barrieren durch Vereinfachung der Syntax, Markdown als Eingabesyntax und die Nutzung angepasster Templates reduziert werden können. So sind die Vorteile des Textsatzsystems bereits mit wenigen L^AT_EX-Kenntnissen nutzbar.

Alle Teilnehmenden bekommen unabhängig von der T_EXnischen Vorerfahrung Anregungen, Ideen und Motivation. Gemeinsam mit den Teilnehmer*innen werden eine Arbeitsumgebung eingerichtet und anschauliche Beispiele ausprobiert. Das Augenmerk soll dabei auf die Entwicklung von Workflows mithilfe von freien Werkzeugen gelegt werden, um die kollaborative Arbeit zu vereinfachen und zu verbessern. Austausch und kritische Diskussion sind erwünscht. Zusammen mit den Teilnehmer*innen werden interaktiv Dokumente mithilfe von Materialsammlung(en) erstellt, die Vorteile generischer Erstellung präsentiert sowie Fragen und Wünsche zur Weiterentwicklung diskutiert.

¹ peiT_EX T_EXnical Solutions, Gneisenaustraße 18, 20253 Hamburg, marei@peitex.de

² Bergische Universität, Gaußstraße 20, 42097 Wuppertal, hilbig@uni-wuppertal.de

³ Sophie Scholl Gesamtschule, Hohenhagenerstraße 25-27, 42855 Remscheid

Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I

Lutz Hellmig,¹ Hermann Puhlmann²

Abstract: Im Workshop werden Überlegungen zu einer Fortschreibung und Aktualisierung der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I diskutiert.

Keywords: Bildungsstandards; Sekundarstufe I; Informatikunterricht

Seit der Verabschiedung der „Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule – Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I“ im Jahre 2008 haben eine Reihe von Entwicklungen stattgefunden. Diese ergaben sich u. a. durch die Fortschreibung der Standards für die Sekundarstufe II und die Formulierung von Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Des Weiteren ist – durch die fortschreitende Digitalisierung und den Einzug neuer informatischer Konzepte in den Alltag – der Bildungswert verschiedener Themenbereiche des Informatikunterrichts neu zu beurteilen. Nichtzuletzt sind in einigen Bundesländern wertvolle praktische Unterrichtserfahrungen in der Sekundarstufe I gewonnen worden, die Anlass für Überlegungen zu einer aktualisierten und überarbeiteten Neuauflage der Bildungsstandards für die Sekundarstufe I sind.

Auf den Königsteiner Gesprächen im März 2021 wurde eine Arbeitsgemeinschaft gegründet, die mögliche Fragestellungen und Arbeitsfelder für eine Neufassung der Bildungsstandards diskutiert hat. Mit der Absicht, die durch die Inhalts- und Prozessbereiche bestimmte grundsätzliche Struktur der Bildungsstandards beizubehalten, werden nachfolgend die Punkte in den Inhalts- und Prozessbereichen auf Angemessenheit und Vollständigkeit überprüft. Weitere Überlegungen beziehen sich auf die Einbindung der Anforderungsbereiche in das Kompetenzmodell und auf die Frage des Verhältnisses von Regel- und Mindeststandards.

Auf der INFOS 2021 werden die bisherigen Diskussionen zum Thema dargestellt und diskutiert sowie – mit Schwerpunktsetzung auf der Entwicklung der Prozessbereiche – Ideen für die weitere Arbeit an den Bildungsstandards entwickelt.

¹ Universität Rostock, Institut für Informatik, Albert-Einstein-Str. 22, 18051 Rostock, Deutschland, lutz.hellmig@uni-rostock.de

² Leibniz-Gymnasium, Fischbacher Str. 23, 90518 Altdorf, Deutschland, hermann@puhlmann.name

Öffentliche Sitzung der GI-Fachgruppe „Informatische Bildung in Nordrhein-Westfalen“

Michael Albrecht¹

Abstract: Die Fachgruppe Informatische Bildung in Nordrhein-Westfalen trifft sich zur öffentlichen Sitzung und bespricht die aktuellen Entwicklungen in der Schulinformatik in Nordrhein-Westfalen.

Keywords: Wahlen des Sprecherteams; Informatiktag NRW; Pflichtfach Informatik

Die öffentliche Sitzung der Fachgruppe Informatische Bildung in Nordrhein-Westfalen findet in diesem Jahr im Rahmen der INFOS 2021 statt, da der Informatiktag NRW, die lokale Tagung der Fachgruppe, im Frühjahr 2021 pandemiebedingt nicht stattfinden konnte. Neben den Fachgruppenmitgliedern sind alle Interessent*innen an der Entwicklung der Schulinformatik in Nordrhein-Westfalen herzlich eingeladen.

1 Kernlehrpläne Informatik WP II und Informatik Pflichtfach

Die Implementierung der Kernlehrpläne Informatik Wahlpflichtbereich Sek I und die Einführung des Pflichtfaches Informatik in den Jahrgangsstufen 5 und 6 ab dem Schuljahr 2021/22 sind zentrale Themen der Fachgruppensitzung. Die konkrete Umsetzung an den Schulen und Vernetzungsangebote von Seiten der Fachgruppe werden im Rahmen der öffentlichen Sitzung thematisiert. In diesem Zusammenhang soll die weitere Ausgestaltung informatischer Bildung in Nordrhein-Westfalen und die Schwerpunktsetzung in der Fachgruppenarbeit besprochen werden.

2 Informatiktag NRW 2022

Die Fachgruppe diskutiert Möglichkeiten der Durchführung des Informatiktags NRW 2022, der turnusgemäß im Frühjahr 2022 stattfinden soll. Es werden der aktuelle Zwischenstand bei der Suche nach einem lokalen Ausrichtungsort vorgestellt und alternative Durchführungsformate diskutiert. Die Fachgruppe beruft ein Organisationkomitee für den Informatiktag NRW 2022.

3 Wahlen des Sprecherteams

Nach dreijähriger Amtszeit muss ein neues Sprecher*innenteam der Fachgruppe gewählt werden. Stimmberechtigt sind alle Mitglieder der Fachgruppe Informatische Bildung in Nordrhein-Westfalen.

¹ Fachgruppe Informatische Bildung in Nordrhein-Westfalen, albrecht@informatiktag-nrw.de

Data Science ab Klasse 5 – Konkrete Unterrichtsvorschläge für künstliche Intelligenz unplugged und Datenbewusstsein

Susanne Podworny,¹ Lukas Höper,² Yannik Fleischer,¹ Sven Hüsing,² Carsten Schulte²

Ab dem Schuljahr 2021/2022 zieht Informatik in Nordrhein-Westfalen als neues Unterrichtsfach in die Unterstufe ein. Mit dem neuen Lehrplan werden neue Schwerpunkte im Bereich Data Science gesetzt. Dazu zählen besonders die Themen künstliche Intelligenz und Datenbewusstsein. *Künstliche Intelligenz* als Thema des Inhaltsfelds “Automatisierung und künstliche Intelligenz” ist ein Sammelbegriff für viele verschiedene Methoden und Verfahren, deren grundlegende Funktionsweisen thematisiert und deren Verwendung gleichzeitig bewusst reflektiert werden soll. Mit *Datenbewusstsein* wird ein neues Konzept im Inhaltsfeld “Informatik, Mensch und Gesellschaft” aufgenommen. Damit werden verschiedene Inhalte und Kompetenzen thematisiert, die sich im Wesentlichen auf die automatisierte Sammlung und Verarbeitung von Daten beziehen. Daten entstehen tagtäglich beim Nutzen von datengetriebenen Informatiksystemen, dessen sich die Nutzer*innen nicht immer bewusst sind. Zu verschiedenen Zwecken werden diese erhobenen Daten verarbeitet und verwendet. Sich dieser Sammlung und Verarbeitung von Daten bewusst zu sein, stellt das Ziel von Datenbewusstsein dar.

In diesem Workshop werden zwei Unterrichtsideen für die Jahrgangsstufe 5/6 vorgestellt, die die oben genannten neuen Bereiche für den neuen Lehrplan umsetzen. Beide Reihen werden im Rahmen des ProDaBi-Projekts (www.prodabi.de), das von der Deutschen Telekomstiftung initiiert wurde, entwickelt, und werden in den schulinternen Lehrplan für Nordrhein-Westfalen aufgenommen. Die erste Unterrichtsreihe bietet einen haptischen Zugang zum Thema Daten und Entscheidungsbäume. Mit einem Kartenspiel zu Lebensmitteldaten wird gezeigt, wie datenbasiert Regelsysteme durch Entscheidungsbäume erstellt werden können. In der zweiten Unterrichtsreihe zu Datenbewusstsein wird anhand einer interaktiven Webanwendung eine Explorationsumgebung für Standortdaten präsentiert. Neben der Verwendung von Standortdaten zum Herstellen einer Mobilfunkverbindung wird ebenfalls die Möglichkeit zur Interpretation der Standortdaten für andere Zwecke hervorgehoben.

Keywords: Data Science; Künstliche Intelligenz; Datenbewusstsein; Informatik ab Klasse 5; Informatik unplugged

¹ Universität Paderborn, Didaktik der Mathematik, Warburger Str. 100, D-33098 Paderborn, {podworny,yanflei}@math.upb.de

² Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, D-33102 Paderborn, {lukas.hoeper,sven.huesing,carsten.schulte}@upb.de

Physical Computing mit Praxisrelevanz: Entwicklung von CO₂-Messgeräten im Informatikunterricht

Mareen Przybylla,¹ Stefan W. Huber²

Abstract: Während der Covid-19-Pandemie wurden in vielen Ländern Empfehlungen ausgesprochen, Innenräume regelmäßig zu lüften. Dabei wird oft auch auf die Verwendung von CO₂-Messgeräten verwiesen, um schlechte Luftqualität frühzeitig zu erkennen. An der Pädagogischen Hochschule Schwyz wurde in Kooperation mit der Projektschule Sek eins Höfe eine Unterrichtsreihe³ für die Sekundarstufe I entworfen und mit Schülerinnen und Schülern einer siebten Klasse im Schulfach „Medien und Informatik“ erprobt, in welcher solche Messgeräte entwickelt werden. Aus informatischer Perspektive steht die Entwicklung eines einfachen, eingebetteten Systems auf grundlegendem Niveau im Vordergrund. Es ist hilfreich, wenn die Lernenden bereits mit blockbasierter Programmierung (z. B. in Scratch) vertraut sind. Während algorithmische Grundstrukturen und Variablen werden nicht mehr explizit eingeführt werden, wird stattdessen der Fokus auf das Thema Physical Computing⁴ gelegt, welches am Beispielprojekt der CO₂-Messgeräte vertieft wird. In der Unterrichtsreihe lernen die Schülerinnen und Schüler, wie man mit Sensorik Umweltdaten erfassen und auf einem Mikrocontroller verarbeiten kann, um mithilfe von Aktoren verschiedene Ausgabemöglichkeiten zu nutzen. Dabei bearbeiten sie Rechercheaufgaben und führen Untersuchungen im Schulhaus durch, bevor sie schließlich in die Entwicklerrolle schlüpfen und ihre Geräte bauen, programmieren und gestalten. Für die Unterrichtsreihe werden ein Luftqualitätssensor MQ135 sowie Arduino-basierte Prototyping Kits mit Sensor- und Aktormodulen mit herkömmlichen Steckverbindern (Seeed Studio Grove) verwendet. Somit ist es nicht nötig, Bauteile mit Litzen und Lochrasterplatinen zu verdrahten. Es sind keine über die Unterscheidung von digital oder analog angesteuerten Komponenten hinausgehenden Kenntnisse der Elektronik erforderlich. Für die Zielgruppe sollte die verwendete Programmierumgebung möglichst intuitiv erfassbar sein und an Vorkenntnisse aus der Primarstufe anknüpfen. Daher fiel der Entscheid auf Snap4Arduino, eine blockbasierte Programmierumgebung, die sich einfach mit zusätzlichen Blockbibliotheken erweitern lässt, um die gewünschten Sensoren und Aktoren verwenden zu können. Im Workshop lernen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Unterrichtsreihe im Detail kennen, bekommen Zugang zu den verwendeten Bibliotheken und Unterrichtsmaterialien und werden selbst ein prototypisches CO₂-Messgerät entwickeln. Anhand von Beispielprojekten aus dem Unterricht erhalten Sie einen Einblick in die Möglichkeiten dessen, was mit einfachen Mitteln bereits ohne viele Vorkenntnisse für die Schülerinnen und Schüler erreichbar ist. Zum Abschluss des Workshops werden wir gegenseitig die Miniprojekte begutachten und in einer kurzen Reflexionsphase auch über Möglichkeiten für formative Lernkontrollen sowie zur abschließenden Leistungsbeurteilung sprechen.

Keywords: Physical Computing; Eingebettete Systeme; Sekundarstufe I

¹ Pädagogische Hochschule Schwyz, Institut für Medien und Schule, Goldau, Schweiz mareen.przybylla@phsz.ch

² Sek eins Höfe, Schule Weid, Pfäffikon, Schweiz stefan.huber@sekeinshoeef.ch

³ Die Unterrichtseinheit wird im Detail in folgendem LOG IN-Beitrag vorgestellt: M. Przybylla; S. W. Huber: Für bessere Luft im Klassenzimmer - Wir bauen uns ein CO₂-Messgerät. LOG IN 41/1, S. 90–99, 2021.

⁴ Physical Computing: kreatives Gestalten und Entwickeln interaktiver, physischer Objekte, die über Sensoren und Aktoren mit ihrer Umwelt interagieren (vgl. M. Przybylla, R. Romeike: Von Eingebetteten Systemen zu Physical Computing: Grundlagen für Informatikunterricht in der digitalen Welt. Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt, S. 257–266, 2017).

Programmiereinstieg mit Python interaktiv und grafisch mit der CMU CS Academy

Antje Kazimiers,¹ Thiemo Leonhardt,¹ Nadine Bergner¹

Keywords: Online-Lernumgebung; Programmierung; Programmierenlernen; Python

Abstract: In diesem Workshop werden die fachdidaktische Einschätzung deutscher Übersetzungen von Funktionen und Klassen sowie die Integration einer Programmierlernplattform in den Informatikunterricht erprobt und diskutiert.

Konzept

Für die Vermittlung der Grundlagen der textuellen Programmierung, insbesondere in der Mittelstufe, wird eine Online-Plattform² vorgestellt, auf der die Grundlagen der Programmierung in Python erlernt werden können. Die Plattform „CMU Computer Science Academy“ wurde von der Carnegie Mellon University (CMU) (Pittsburgh, USA) für den Computer Science 0 Kurs (CS0) an amerikanischen Highschools entwickelt und dort seit 2015 mit mehr als 5000 Schüler*innen getestet und verbessert. In Kollaboration mit der Carnegie Mellon University hat die Professur für Didaktik der Informatik an der TU Dresden die deutsche Übersetzung der CMU Computer Science Academy erstellt. In 2020 wurde der Kurs CS0 vollständig ins Deutsche übersetzt. Neben den Texten, Codebeispielen und Kommentaren betrifft dies ebenfalls die grafische Bibliothek (Klassen, Funktionen, Methoden und Parameter) sowie die Compilerückmeldungen. Im Zuge der Kooperation wurde eine neue Instanz der CMU Computer Science Academy auf Servern in Frankfurt am Main mit einer eigenen Nutzerdatenverwaltung aufgesetzt und ist kostenlos nutzbar.

Die CMU Academy verfolgt einen interaktiven Ansatz, indem die Programmieraufgaben direkt in die erklärenden Inhalte eingebettet sind und auch im Browser inklusive Compilerückmeldungen bearbeitet werden können.³ Folgende fachdidaktischen Fragestellungen werden diskutiert: (1) Inwiefern sind deutsche Übersetzungen von Compilerückmeldungen, Funktionsnamen und Klassen fachdidaktisch sinnvoll?; (2) Wie können Bestandteile von umfangreichen Programmierlernplattformen in den Informatikunterricht sinnvoll integriert werden?; (3) Welche zusätzlichen, begleitenden Materialien und Inhalte würden die Passung der Plattform für den Einsatz im Informatikunterricht verbessern?

¹ TU Dresden, Professur für Didaktik der Informatik, Nöthnitzer Str. 46, 01187 Dresden, Deutschland, {antje.kazimiers,thiemo.leonhardt,nadine.bergner}@tu-dresden.de

² <https://eu.academy.cs.cmu.edu/>

³ Weitere Informationen finden Sie hier: <https://tud.link/s752>.

Sitzung des GI-Fachausschusses „Informatische Bildung in Schulen“

Peer Stechert¹

Abstract: Der Fachausschuss „Informatische Bildung in Schulen“ (FA IBS) gehört in der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) dem Fachbereich „Informatik und Ausbildung / Didaktik der Informatik“ (IAD) an. Die Arbeit des Fachausschusses wird durch die Aktivitäten der ihm angehörenden Fachgruppen der Bundesländer getragen. Zur Unterstützung der inhaltlichen Arbeit der Fachgruppen gehören dem FA IBS weitere Expert*innen an. Der Fachausschuss veranstaltet alle zwei Jahre die GI-Fachtagung „Informatik und Schule – INFOS“.

Keywords: Gesellschaft für Informatik e.V.; Fachausschuss „Informatische Bildung in Schulen“

1 Zielsetzungen des Fachausschusses Informatische Bildung in Schulen

Der Fachausschuss Informatische Bildung in Schulen (FA IBS) unternimmt Initiativen zur Einrichtung eines Pflichtfachs Informatik in den Ländern, fördert konzeptionelle Arbeiten zur Funktion und zu Inhalten eines allgemeinbildenden Informatikunterrichts sowie den wissenschaftlichen und praxisorientierten Austausch zwischen den an informatischer Bildung mittelbar und unmittelbar Beteiligten, u. a. sind die Bundeswettbewerbe Informatik und der „MNU – Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts“ im FA IBS vertreten.

2021 sind folgende Arbeitsschwerpunkte des FA IBS und seiner Arbeitskreise (AK) aktuell:

- Die Erneuerung der Empfehlungen für Bildungsstandards, aktuell die der Bildungsstandards für die Sek. I aus dem Jahr 2008 (AK Bildungsstandards).
- Die Koordinierung von Aktivitäten rund um die 2019 von dem AK Primarstufe formulierten Kompetenzen für informatische Bildung in der Primarstufe.
- Seit 2017 die Fortführung der seit 1994 stattfindenden „Fachdidaktischen Gespräche“ in Königstein.
- Alle zwei Jahre die Vergabe des Unterrichtspreises für erprobte, innovative Unterrichtsbeispiele im Bereich der informatischen Bildung.
- Die Formulierung von Empfehlungen zur Bildung aller Lehrkräfte in Bezug auf Informatik (AK Lehrkräftebildung des IAD).

¹ Gesellschaft für Informatik e.V., Fachausschuss „Informatische Bildung in Schulen“, Ahrstraße 45, 53175 Bonn, peer.stechert@gi.de

Förderung informatischer Bildung im Sachunterricht in der ersten Lehramtsbildungsphase in NRW

Miriam Kuckuck,¹ Alexander Best,² Denise Schmitz³

Abstract: Die Forderungen nach einer Verortung informatischer Bildung in der Grundschule werfen die Frage nach einem entsprechenden institutionellen Rahmen auf. Neben einem eigenständigen Unterrichtsfach ist auch eine Integration in ein bestehendes Unterrichtsfach oder mehrere Fächer möglich. In diesem Workshop wird das Projekt „Informatische Bildung als Perspektive des Sachunterrichts im Praxissemester“ vorgestellt. Dabei liegt im Projekt der Fokus auf der ersten Phase der Lehramtsausbildung angehender Sachunterrichtslehrer*innen an den Universitäten. Zunächst erfolgt innerhalb von Seminaren eine fachliche und fachdidaktische Fundierung. Anschließend formulieren die Studierenden Forschungsfragen, welche sie im Rahmen von praxisorientierten Veranstaltungen an Grundschulen, etwa dem Praxissemester, beforschen. Über diesen Zugang sollen die Studierenden einerseits einen Einblick in die Inhalte sowie die Arbeits-, Denk- und Handlungsweisen der Informatik gewinnen. Andererseits erhalten sie die Möglichkeit, auf Basis dieses Zugangs eigene Fragestellungen im Unterricht zu untersuchen, deren Beantwortung wiederum der fachdidaktischen Forschung wertvolle Impulse für die Weiterarbeit liefern kann. Das Projekt wurde an der Bergischen Universität Wuppertal initiiert und wird auch von hier koordiniert. Durch eine Förderung des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (MKW NRW) konnten Unterrichtsmaterialien in das Projekt eingebunden werden, welche den Studierenden innerhalb der Seminare und auch an den Schulen zur Verfügung stehen. Die Materialien verbleiben zudem an den Schulen und können dort weiter zur Förderung informatischer Bildung eingesetzt sowie angepasst werden. Darüber hinaus wurden mit der Universität Duisburg-Essen und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster zwei weitere Projektstandorte in das Projekt eingebunden, an denen ähnliche Forschungszugänge gewählt wurden. So findet der praxisorientierte Forschungsanteil an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster bspw. nicht im Praxissemester, sondern innerhalb eines Forschungsseminars statt, welches jedoch ebenfalls einen praktischen Anteil beinhaltet. Ein hervorhebenswertes Element, das alle Standorte verbindet, ist die enge Zusammenarbeit zwischen der Sachunterrichtsdidaktik und der Fachdidaktik Informatik. Über diese Zusammenarbeit soll sichergestellt werden, dass sowohl die fachliche und fachdidaktische Perspektive der Informatik berücksichtigt wird als auch die fachdidaktische Fundierung im Sachunterricht sichergestellt ist und auch ein Bezug zu den Bezugswissenschaften des Sachunterrichts erfolgt. Mit diesem Workshop werden besonders Grundschullehrkräfte, aber auch Lehrkräfte der Sekundarstufe I sowie Fachdidaktiker*innen unterschiedlicher Disziplinen angesprochen. Nach der Vorstellung der Ziele des Projekts sowie der Umsetzung an den verschiedenen Standorten sollen die Teilnehmer*innen die Möglichkeit haben, Impulse in das Projekt einzubringen.

Keywords: Primarbereich; Grundschule; Sachunterricht; Lehrkräftebildung

¹ Bergische Universität Wuppertal, Institut für Geographie und Sachunterricht, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal, kuckuck@uni-wuppertal.de

² Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Didaktik der Informatik, Corrensstraße 80, 48149 Münster, alexander.best@uni-muenster.de

³ Bergische Universität Wuppertal, Didaktik der Informatik, Gaußstraße 20, 42097 Wuppertal, dschmitz@uni-wuppertal.de

Reise in die Quantenzeit – Quanteninformatik erleben und verstehen

Stefan Seegerer¹ Tilman Michaeli² Andreas Woitzik³ Ralf Romeike⁴

Quantencomputing gilt als eine der vielversprechendsten neuen technologischen Entwicklungen. Auch wenn heutige informatische Systeme bereits auf quantenphysikalischen Prozessen aufbauen, ergeben sich erst aus den jüngeren Fortschritten der sogenannten “zweiten Quantenrevolution” potenziell gesellschaftsverändernde Möglichkeiten und Herausforderungen. Um Schülerinnen und Schüler zu befähigen, Quanteninformatik zu verstehen, und einen informierten gesellschaftlichen Diskurs zu ermöglichen, bedarf es niedrigschwelliger und breit angelegter Vermittlungskonzepte. Allerdings mangelt es an Bildungsgelegenheiten, die dieses Thema aus der Perspektive der informatischen Bildung aufgreifen. Während physikalische Grundlagen der Quantentechnologien mitunter Thema in Schule und Unterricht sind und entsprechende Vermittlungsansätze existieren, wird Quanteninformatik bisher kaum adressiert. Dem Thema wird im Allgemeinen eine enorm hohe Komplexität zugeschrieben und mit der Vermittlung werden insbesondere intensive mathematische und physikalische Vorerfahrung als Voraussetzung verbunden.

Dass das auch anders geht, zeigt dieser Workshop. So werden Lehr- und Lernmaterialien vorgestellt, die Jugendlichen und jungen Erwachsenen ab 15 Jahren einen niedrigschwelligen Einstieg in das Thema Quantencomputing ermöglichen und sie dazu zu befähigen, basierend auf einem grundlegenden Verständnis themenbezogene, informatische, aber auch gesellschaftspolitische Fragestellungen zu reflektieren. Der Workshop richtet sich dabei insbesondere an alle, die bislang keine Erfahrung mit dem Thema Quanteninformatik haben und selbst erste Schritte in diesem Bereich unternehmen wollen. So wird zunächst eine allgemeine Einführung in das Thema gegeben und dieses in den Kontext der Informatik eingeordnet. Anschließend werden die Materialien selbst ausprobiert und exploriert sowie bisherige Erfahrungen aus dem Unterrichtseinsatz dargelegt. Dieser Workshop liefert damit konkrete Materialien und Inspiration für ein Thema informatischer Bildung, das bislang noch kaum adressiert wurde, im gesellschaftlichen Diskurs jedoch immer relevanter wird und schon jetzt durch extracurriculare Aktivitäten oder als Wahl- oder Vertiefungsthema den eigenen Informatikunterricht bereichern kann.

Keywords: Quanteninformatik; Lehr- und Lernmaterialien; Unterricht; Extracurricular

¹ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, stefan.seegerer@fu-berlin.de

² FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, tilman.michaeli@fu-berlin.de

³ Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, Quantum Optics and Statistics, Hermann-Herder-Str. 3, 79104 Freiburg, andreas.woitzik@physik.uni-freiburg.de

⁴ FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, ralf.romeike@fu-berlin.de

Gemeinsam KI entdecken!

Ira Diethelm,¹ Anatolij Fandrich,¹ Tilman Michaeli,² Nils Pancratz,¹ Ralf Romeike,² Stefan Seegerer²

Abstract: Künstliche Intelligenz (KI) ist aus unserer heutigen Welt nicht mehr wegzudenken. Gerade vor dem Hintergrund der Einsatzbereiche von KI-Systemen, wie selbstfahrenden Autos, Bewerberscreenings oder der Kreditvergabe, wird eine Reihe gesellschaftlich relevanter Fragestellungen aufgeworfen. Daraus resultieren Herausforderungen für die Schule: Aus Sicht der informatischen Bildung gilt es, den Schüler*innen ihre digitale Umwelt nicht nur erklärbar zu machen, sondern sie auch dazu zu befähigen, diese Welt aktiv und kreativ mitgestalten zu können. Dazu gehört in einem zunehmenden Maße auch, sich mit dem Thema KI und seinen zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien auseinanderzusetzen, ihre Funktionsweisen zu verstehen und die sich daraus ergebenden Anwendungsmöglichkeiten kreativ einzusetzen.

Im Rahmen dieses Workshops werden erprobte Module für den Unterricht vorgestellt, die sich insbesondere durch eine handlungsorientierte und konstruktionistische Herangehensweise und viele haptische Materialien auszeichnen. Dabei werden verschiedene Unterrichtsmethoden und Aktivitäten miteinander vereint und die Breite des Themenfeldes KI aufgezeigt. Die ausführlichen Arbeits- und Begleitmaterialien sprechen dabei sowohl (KI-)erfahrene als auch Lehrkräfte mit geringer informatischer Vorerfahrung an und können flexibel für verschiedene Altersgruppen und Schulformen im Unterricht verwendet werden. Die sechs unterschiedlichen Module, die sowohl einzeln als auch kombiniert im Unterricht eingesetzt werden können, bieten dabei eine große Bandbreite an Zugängen und orientieren sich an den Perspektiven des Dagstuhl-Dreiecks. In unterschiedlicher Schwerpunktsetzung charakterisieren die Schüler*innen KI-bezogene Phänomene aus ihrer Lebenswelt, verstehen die zugrunde liegenden Ideen und Prinzipien, wenden KI-Methoden an, um Probleme zu lösen, und diskutieren die Chancen und Herausforderungen für unsere Gesellschaft.

In diesem Workshop haben die Teilnehmer*innen die Möglichkeit, die entwickelten Materialien zu explorieren und praktisch auszuprobieren. Für jedes Modul werden Aufbau, zentrale Gestaltungsprinzipien und Erfahrungen aus dem Unterrichtseinsatz skizziert. Er richtet sich damit an alle Lehrkräfte, die KI - ob mit oder ohne Vorerfahrungen - selbst in ihrem Unterricht greifbar machen wollen. Die ausführlichen Arbeits- und Begleitmaterialien stehen zudem allen Interessierten frei und online zur Verfügung.

Keywords: Künstliche Intelligenz; Maschinelles Lernen; Unterrichtsmaterial

¹ Universität Oldenburg, Didaktik der Informatik, Uhlhornsweg 84, 26129 Oldenburg, {ira.diethelm,anatolij.fandrich,nils.pancratz}@uni-oldenburg.de

² FU Berlin, Didaktik der Informatik, Königin-Luise-Str. 24-26, 14195 Berlin, {tilman.michaeli,ralf.romeike,stefan.seegerer}@fu-berlin.de

Doktorand*innenkolloquium

Daniel Losch,¹ Simone Opel²

Abstract: Das Doktorand*innenkolloquium in der Didaktik der Informatik hat mittlerweile eine gute und lange Tradition. Das erste Kolloquium fand auf der INFOS 1999 in Potsdam statt. Seither ist diese Zusammenkunft wissenschaftlicher Qualifikand*innen kontinuierlich zweimal jährlich durchgeführt worden. Durch die wachsende Anzahl von Arbeitsgruppen in der Didaktik der Informatik wird die Community der Doktorand*en erfreulicherweise immer größer und vielfältiger. Inzwischen sind eine Menge der Doktorand*innen in der Regel Mitarbeiter von denen, die das Ganze dereinst in Potsdam ins Leben gerufen haben.

Während im Herbst das Kolloquium im Wechsel auf der INFOS und auf der WiPSCE stattfindet, treffen sich die Doktorand*innen im Frühjahr an einer der lokalen Standorte der Didaktik der Informatik. Das Kolloquium wird beständig weiterentwickelt. In diesem Jahr kann das Herbst-Kolloquium auf der INFOS 2021 daher das erste Mal als offizielle Veranstaltung der Fachgruppe »Didaktik der Informatik« (DDI) stattfinden. Dabei obliegt die organisatorische und inhaltliche Verantwortung aber weiterhin den Doktorand*innen vor Ort, die als Ausrichter*innen die Chance haben, einen wissenschaftlichen Austausch unter Kolleg*innen zu initiieren. Der durch die Corona-Pandemie bedingte Umzug auf ein »Distanz-Kolloquium« wird nach zwei erfolgreich vorausgehenden Kolloquia nun bereits das dritte Mal durchgeführt.

Die Hauptveranstaltung des Kolloquiums zur INFOS 2021 ist ein *reines* Doktorand*innen-Treffen und findet einen Tag vor der Konferenz am 7. September 2021 statt. Während der Eröffnung kommen alle Teilnehmenden zu Wort und stellen sich und ihr jeweiliges Forschungsanliegen kurz vor. Daraufhin werden in mehreren Sessions im Rahmen von Kurz- oder Langvorträgen verschiedene Dissertationsvorhaben zur Diskussion gestellt. Die Teilnehmenden schätzen dabei in der Regel vor allem das direkte und offene Peer-Feedback, das den eigenen Forschungsprozess konstruktiv voranbringt. In einer weiteren Session werden Poster oder Abbildungen vorgestellt. Auf der INFOS 2021 selbst ist erstmalig ein öffentlicher Austausch der Doktorand*innen mit der interessierten Fach-Community eingerichtet, in dem die diversen Forschungsinteressen und -ansätze z. B. anhand von Postern, Abbildungen oder kurzen Statements diskutiert werden.

Keywords: Kolloquium; Doktorand*innen; Didaktik; informatische Bildung; Forschungsaustausch

¹ Bergische Universität Wuppertal, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal, d.losch@uni-wuppertal.de

² FernUniversität in Hagen, Universitätsstraße 47, 58097 Hagen, simone.opel@fernuni-hagen.de

Moderierte Austausche

Zur neuen Bedeutung von Daten in Data Science und künstlicher Intelligenz

Lukas Höper,¹ Susanne Podworny,² Sven Hüsing,¹ Carsten Schulte,¹ Yannik Fleischer,²
Rolf Biehler,² Daniel Frischemeier,³ Hülya Malatyali¹

In vielen Bereichen des alltäglichen Lebens entstehen große Mengen an Daten. Diese werden teilweise automatisch gesammelt wie etwa Standortdaten durch entsprechende Sensoren bei der GPS-Nutzung oder Daten, die beim Nutzen von digitalen Artefakten zum Teil aktiv und bewusst hinterlassen werden. Um diese Daten nutzbar zu machen, werden datengetriebene Algorithmen etwa aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz oder speziell aus dem maschinellen Lernen eingesetzt. Die Systeme, bei denen diese Technologien zum Sammeln und Verarbeiten von Daten eingesetzt werden, prägen unser Leben und sind dabei noch schwer zu verstehen. Seit einiger Zeit werden verstärkt Unterrichtsansätze und -materialien entwickelt, in denen künstliche Intelligenz erklärt werden soll. Zum Verstehen und Beurteilen der entsprechenden Methoden und Systeme reicht es aber nicht aus, (nur) die Algorithmen zu erläutern. Zum einen ist es notwendig, deutlich herauszustellen, dass es sich bei Daten stets um Modelle der Realität handelt. Zum anderen müssen, um die Relevanz der Daten und Validität der Ergebnisse beurteilen zu können, auch Aspekte wie Bias in Daten und Fairness von datengetriebenen Systemen thematisiert werden. Bei vielen Ansätzen findet ein wichtiger Bereich wenig Beachtung: Die Rolle der Daten als Grundlage für Verfahren der künstlichen Intelligenz, insbesondere des maschinellen Lernens.

Beim Problemlösen mit klassischen Algorithmen stehen Kompetenzen zum Verstehen und Analysieren des Problems, zum Finden einer Lösung und schließlich zum Formalisieren dieser Lösung im Mittelpunkt, sodass als Produkt eines solchen Problemlöseprozesses in der Regel ein implementierter Algorithmus steht. Ein solcher Algorithmus kann etwa auf verschiedene Eingangsdaten angewendet werden und liefert ein zuvor bestimmbares Ergebnis, wobei die Korrektheit dieser Ergebnisse erklärt und nachgewiesen werden kann.

In diesem moderierten Austausch sprechen wir über datengetriebenes Problemlösen im Vergleich zum Problemlösen mit klassischen Algorithmen, um darauf aufbauend den Datenbegriff in diesem Kontext zu greifen und resultierende Folgerungen für die Bedeutung von Daten festzuhalten, die im Informatikunterricht im Kontext von Data Science und künstlicher Intelligenz berücksichtigt werden sollten.

¹ Universität Paderborn, Didaktik der Informatik, Fürstenallee 11, D-33102 Paderborn, {lukas.hoeper,sven.huesing,carsten.schulte,hueyla.malatyali}@upb.de

² Universität Paderborn, Didaktik der Mathematik, Warburger Str. 100, D-33098 Paderborn, {podworny,yanflei,biehler}@math.upb.de

³ Universität Münster, Didaktik der Mathematik, Fliednerstr. 21, D-48149 Münster, dfrische@uni-muenster.de

Informatische Bildung in der Grundschule

Ulrich Kortenkamp¹, Martin Brämer², Henry Herper³, Beat Döbeli Honegger⁴

Abstract: Dieser moderierte Austausch soll Akteure aus der Fachdidaktik Informatik und den Fachdidaktiken der Grundschule – insbesondere Deutsch, Mathematik und Sachunterricht – zusammenbringen, um bestehende Konzepte vorzustellen, gemeinsam Perspektiven für eine Verankerung informatischer Bildung auszuloten und konkrete Handlungsempfehlungen zu erarbeiten.

Keywords: Informatische Bildung; Fachdidaktik Grundschule; Positionspapier

Kontext und erwartete Ergebnisse

Der Austausch knüpft sowohl an die einschlägigen Arbeitsgruppen der Gesellschaft für Informatik als auch an die fachdidaktischen Vorstöße zur Verankerung informatischer Inhalte und Prozesse in den Fächern der Grundschule an. Um ein konsensfähiges Arbeitsergebnis zu erhalten, ist aber auch eine medienpädagogische Perspektive willkommen. Damit gehen wir neue Wege: War bisher die Sicht der verschiedenen Interessengruppen stark aus den Bedürfnissen der Sekundarstufe geprägt (Fachdidaktik Informatik), am Nutzen für das eigene Fach orientiert (Grundschulpädagogik) oder nahm sie eher eine kulturell-gesellschaftliche Sichtweise auf informatische Werkzeuge ein (Medienpädagogik), so kann die Synthese der Sichtweisen zu einer bereichernden, realisierbaren und politisch durchsetzbaren Handlungsempfehlung führen.

Der moderierte Austausch soll mit Impulsbeiträgen aus verschiedenen Perspektiven der Hochschule, aber auch von Praxisvertreter*innen und (Bildungs-)Politiker*innen beginnen. Auf dieser Basis und unter Heranziehung aktueller Ergebnisse von Arbeitsgruppen der Fachgesellschaften soll ein Papier entwickelt werden. Dabei liefert die INFOS 2021 den notwendigen Rahmen, um auch bisher nicht gehörten Personen aus der Informatischen Bildung die Mitwirkung an diesem Papier zu gestatten. Als Arbeitsgrundlage kann dabei auf das Ergebnis des Projekts „Informatisch-algorithmische Bildung in der Grundschule“ an der Universität Potsdam zurückgegriffen werden. In einer gemeinsamen Abstimmungsphase sollen daher die den Teilnehmer*innen vorher zur Verfügung gestellten Texte diskutiert und gegebenenfalls umformuliert werden.

¹ Universität Potsdam, Karl-Liebknecht-Str. 24-25, D-14476 Potsdam, ulrich.kortenkamp@dzlm.de

² Freie Universität Berlin, Habelschwerdter Allee 45, D-14195 Berlin, braemer@zedat.fu-berlin.de

³ Otto-von-Guericke-Universität, Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg, henry@isg.cs.uni-magdeburg.de

⁴ Pädagogische Hochschule Schwyz, Zaystrasse 42, CH-6410 Goldau, Schweiz, beat.doebeli@phsz.ch

Informatische Bildung für Lehrkräfte in allen Phasen

Torsten Brinda,¹ Matthias Kramer,¹ Daniel Losch,² Denise Schmitz,² Anselm Wagner²

Abstract: Das Schlagwort »Digitalisierung« ist zur Zeit in aller Munde – auch und gerade in der Bildung von Lehrkräften. Wenngleich die damit assoziierte Bedeutung uneinheitlich scheint, so steht doch fest, dass zahlreiche Lebensbereiche massiven Veränderungen unterworfen sind. Darüber hinaus hat die Corona-Pandemie aufgezeigt, dass Lehrkräfte heutzutage zumindest grundlegend auf Kompetenzen aus dem Bereich der Digitalisierung angewiesen sind. Dies wird bereits seit längerem in länderübergreifenden [KM17] und länderspezifischen [Ei20] Dokumenten gefordert. Der Informatik wird dabei eine besondere Rolle zuteil, da sie für Prozesse der Digitalisierung eine wesentliche Bezugswissenschaft ist: Diese sind ohne Interaktion mit Informatiksystemen nicht denkbar. Sollen die angelegten Kompetenzen aller Lehrkräfte erreicht werden, dann ist es unausweichlich, dass aktuelle und künftige Generationen von Lehrkräften informatische Bildung in ihr Portfolio mit aufnehmen. Um entsprechende Kompetenzen bei Lehrkräften zu fördern, wird in diesem moderierten Austausch ein Konzept vorgestellt, welches sich im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes *ComeIn* an alle aktuellen und künftigen Lehrkräfte richtet. In diesem NRW-weiten Projekt, in welchem Akteure aus allen 12 lehrkräftebildenden Universitäten sowie aus der 2. und 3. Phase der Lehrkräftebildung partizipieren, wird zur Zeit eine Veranstaltung zur informatischen Bildung für alle Lehramtsstudierenden konzipiert. Die besondere Herausforderung besteht darin, den Alltag der Lehrkräfte durch die Brille informatischer Bildung zu betrachten. Ferner wird bereits daran gearbeitet, die so entstehenden Inhalte im Vorbereitungsdienst bzw. in Fort- und Weiterbildungen zu verankern. Ziel des moderierten Austausches ist es, das Konzept dieser Veranstaltung sowie dessen Genese zu präsentieren und über mögliche Vor- und Nachteile in einen konstruktiven Austausch zu kommen.

Keywords: Informatische Bildung; Lehrkräftebildung

Literatur

- [Ei20] Eickelmann, B.: Lehrkräfte in der digitalisierten Welt, Düsseldorf, 2020, URL: <https://t1p.de/bsis>, Stand: 08.07.2021.
- [KM17] KMK: »Bildung in der digitalen Welt« – Strategie der Kultusministerkonferenz. Beschluss der Kultusministerkonferenz in der Fassung vom 07.12.2017, 2017, URL: <https://t1p.de/y19z>, Stand: 08.07.2021.

¹ Universität Duisburg-Essen, Didaktik der Informatik, Schützenbahn 70, 45127 Essen, Deutschland {torsten.brinda,matthias.kramer}@uni-due.de

² Bergische Universität Wuppertal, Didaktik der Informatik, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal, Deutschland {d.losch,dschmitz,a.wagner1}@uni-wuppertal.de

Informatische Literalität im Lehramtsstudium der Lateinischen Philologie

Andrea Beyer,¹ Stefan Freund² Daniel Losch² Konstantin Schulz¹

Abstract: Die Informatikdidaktik begleitet für die fachwissenschaftliche Lehrkräftebildung in der Lateinischen Philologie Lehr-Lern-Konzepte, die die informatische Literalität [vgl. Pu03] zukünftiger Lateinlehrkräfte fördern. Informatische Bildung in der Lateinischen Philologie wird über sog. Lernbausteine umgesetzt; es stehen 30 Stunden studentischen Workloads zur Verfügung, die auf verschiedene, in ihrer Zusammensetzung frei wählbare Lernbausteine verteilt werden. Diese greifen unterschiedliche fachspezifische Themen auf und verknüpfen fachimmanentes und überfachliches, informatisches Denken und Handeln miteinander. Aus Gründen eines transparenten Zugangs wird jeder Baustein vergleichbar strukturiert und evaluiert. Es ergeben sich Lernbausteine für Edition, Literaturwissenschaft, Syntax, Morphologie, Daten und ihre Repräsentation, Übersetzung sowie »Semantik – Kontext«. Der Bezug zu Informatiksystemen ist dabei ein möglicher Zugang. Darüber hinaus ist das Heranziehen von Problemlösestrategien und Werkzeugen im Sinne von »Denkzeugen« z. B. im fachspezifischen Handlungsfeld des Übersetzens ein vielversprechender Ansatz. Im moderierten Austausch liegt der Fokus auf der informatikdidaktischen Gestaltung der Lernbausteine und damit auf dem Lernen und Lehren informatischer Konzepte in einem fachfremden Kontext. Die Teilnehmenden erörtern, welche strukturellen, didaktischen und methodischen Elemente dieser Konzepte sinnvoll auf andere Fächer transferiert werden können. Als Diskussionsgrundlage dient ein exemplarischer Lernbaustein, z. B. zum »Satzanalysemodell« (»Wie erschließe ich mir einen lateinischen Satz für die Übersetzung unter Anwendung informatischer Methoden?«), der bereits pilotiert wurde, sodass auch über erste Erfahrungen berichtet werden kann.

Keywords: informatische Literalität; Latein; Lehrkräftebildung; Lernbaustein; interdisziplinär

Literatur

- [Pu03] Puhlmann, H.: Informatische Literalität nach dem PISA-Muster. In (Hubwieser, P., Hrsg.): Informatik und Schule – Informatische Fachkonzepte im Unterricht INFOS 2003 – 10. GI-Fachtagung 17.–19. September 2003, München. GI-Edition – Lecture Notes in Informatics – Proceedings P 32, Gesellschaft für Informatik, Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn, S. 135–144, 2003, ISBN: 3-88579-361-X, URL: <https://t1p.de/ia10>, Stand: 08.07.2020.

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6, 10099 Berlin, {beyeranz,schulzcx}@hu-berlin.de

² Bergische Universität Wuppertal, Gaußstraße 20, 42119 Wuppertal, {freund,d.losch}@uni-wuppertal.de

Autor*innenverzeichnis

A

Akao, Kensuke, 291
Albrecht, Michael, 325

B

Bader, Jörg, 295
Batur, Fatma, 93, 241
Berges, Marc, 133
Bergner, Nadine, 103, 331
Bergum, Annabelle, 317
Best, Alexander, 241, 315, 335
Beyer, Andrea, 351
Biehler, Rolf, 345
Bollin, Andreas, 173
Bovermann, Klaus, 319
Brämer, Martin, 347
Braun, Daniel, 193
Brinda, Torsten, 93, 241, 349

D

Daeglau, Mareike, 143
Dammik, Gregor, 103
Degand, Christian, 317
Dengel, Andreas, 113
Diethelm, Ira, 143, 311, 339
Döbeli Honegger, Beat, 347

E

Engbring, Dieter, 39

F

Fandrich, Anatolij, 339
Fischer, Johannes, 261, 291
Fischer, Markus, 303
Fleischer, Yannik, 319, 327, 345
Freund, Stefan, 351

Fricke, Martin, 315
Friedrich, Steffen, 63
Frischemeier, Daniel, 345

G

Gadeib, Andera, 21
Geldreich, Katharina, 315
Gerdes, Jana, 143
Ghomi, Mina, 305
Graap, Fabian, 185
Greubel, Andre, 203
Grey, Jan, 241
Gryl, Inga, 241

H

Hellmig, Lutz, 63, 221, 323
Hempel, Tino, 221
Herper, Henry, 347
Heuer, Ute, 113
Hilbig, André, 321
Hofmann, Sven, 313
Höper, Lukas, 73, 327, 345
Huber, Stefan W., 329
Hüsing, Sven, 319, 327, 345

I

Ifenthaler, Dirk, 49

J

Jacobs, Sven, 283
Jaschke, Steffen, 283, 309

K

Kazimiers, Antje, 331
Kirsch, Nadine, 317
Kortenkamp, Ulrich, 347

Kramer, Matthias, 349
Kuckuck, Miriam, 241, 335

L

Lechner, Magdalena, 133
Lehmann, Marcel, 313
Leonhardt, Thiemo, 331
Lindner, Annabel, 133
Lohmann, Hendrik, 305
Losch, Daniel, 341, 349, 351
Ludwig, Matthias, 301

M

Malatyali, Hülya, 345
Michaeli, Tilman, 123, 153, 337, 339
Milicic, Gregor, 301
Mühling, Andreas, 305

N

Nenner, Christin, 103
Noller, Stephan, 21

O

Opel, Simone, 309, 341
Opitz, Christian, 319

P

Pampel, Barbara, 193
Pancratz, Nils, 287, 339
Pasterk, Stefan, 173
Pasternak, Arno, 39
Peischl, Marei, 321
Peschers, Johannes, 93
Pinkwart, Niels, 305
Podworny, Susanne, 327, 345
Przybylla, Mareen, 163, 295, 329
Puhlmann, Hermann, 323

R

Reese, Kerstin, 317
Ridinger, Nadine, 271
Riel, Manuel, 83
Romeike, Ralf, 83, 123, 153, 337, 339

S

Schlegel, Alexander, 287
Schmalfeldt, Thomas, 163, 251
Schmitt, Jochen, 203
Schmitz, Denise, 241, 335, 349
Schnirch, Andreas, 271
Schott-Maire, Ulrike, 83
Schreiber, Nico, 241
Schulte, Carsten, 73, 327, 345
Schulz, Konstantin, 351
Schwarz, Richard, 63
Seegerer, Stefan, 123, 153, 337, 339
Seiss, Melanie, 193
Stechert, Peer, 333
Strecker, Stefan, 303

T

Tantau, Till, 25
Tengler, Karin, 211

W

Wagner, Anselm, 349
Weinert, Martin, 261
Wendlandt, Katharina, 231
Wendlandt, Matthias, 231
Weschenfelder, Felix, 271
Wetzel, Sina, 301
Windt, Anna, 241
Woitzik, Andreas, 337

Z

Ziegler, Chris, 203