

Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht? Fachdidaktische Überlegungen und Implikationen

Einleitung

Aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen und Probleme aufzunehmen, den Sachunterricht permanent weiterzuentwickeln und an die sich stetig verändernden Lebensbedingungen von Kindern anzupassen, ist eine zentrale Aufgabe der Sachunterrichtsdidaktik. Angesichts der zunehmenden Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung aller Lebensbereiche (vgl. Döbeli Honegger, 2017, 11) und der damit einhergehenden gesellschaftlichen Veränderungen, die schon in der frühen Kindheit zum Tragen kommen, liefert die Sachunterrichtsdidaktik bislang aber kaum Antworten. So werden die Digitalisierung bzw. die Informatik, als der der Digitalisierung zugrundeliegende Wissenschaft, bislang wenig berücksichtigt. Auch der Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) gibt in Hinblick auf die Frage nach entsprechenden Bildungsinhalten und -zielen für Kinder im Grundschulalter derzeit nur wenig Antworten: Eine digitale bzw. informatische Perspektive für den Sachunterricht gibt es bisher nicht. In Zusammenarbeit mit Fachdidaktik-Vertreter*innen des Sachunterrichts und der Informatik sowie mit Rückgriff auf die konsensualen Bestände der Sachunterrichtsdidaktik gilt es u.E. dieses wichtige Feld in der Forschung zu berücksichtigen. Auch müssen Wege gefunden werden, die neuen technologischen Entwicklungen und die damit einhergehenden gesellschaftlichen Veränderungen in Curricula abzubilden und in den Unterricht zu integrieren. Dies geschieht für den Sachunterricht am besten auf dem Weg über den Perspektivrahmen Sachunterricht, der in den letzten Jahren einen erheblichen Einfluss auf die Gestaltung von Rahmenlehrplänen genommen hat.

Mit diesem Artikel möchten wir den Forschungsbedarf aufzeigen und einen Beitrag zur Diskussion leisten, ob und inwiefern digitale bzw. informatische Bildung in den Sachunterricht und in den Perspektivrahmen Sachunterricht integriert werden sollte.

1. Gesellschaft und Digitalisierung

Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung sind drei prägenden Faktoren der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung der letzten Jahre (vgl. Döbeli Honegger, 2017, 11): „Unter Digitalisierung versteht man im engeren Sinn die Umwandlung von analogen Daten wie beispielsweise Texten, Bildern oder Tönen in digitale Daten.“ (Kröhling, 2017, 24). Aus dieser Entwicklung resultiert auch das Phänomen der umfassenden Datenerfassung und -speicherung, welches das Bundesverfassungsgericht schon 1983 zu seinem wegweisenden Urteil zur informationellen Selbstbestimmung (BVerfG, Urteil vom 15.12.1983, 1 BvR 269/83 u.a.) veranlasste und gerade aktuell wieder zu einer neuen europäischen Datenschutzverordnung geführt hat (Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union, 2016): Von staatlichen und privaten Akteuren werden umfangreiche Daten über jede/n Einzelne*n gesammelt, mit jedem Klick im Internet hinterlassen wir Daten, und „die immer zahlreicheren elektronischen Spuren bilden unser Leben immer detailgetreuer ab.“ (Schaar, 2017, 106) Für die/den Einzelne*n bleibt es undurchschaubar, wer welche Daten gespeichert hat. Durch Automatisierung und Vernetzung sind diese digitalen Informationen beliebig oft reproduzierbar, instantan an jeden Ort der Welt verteilbar und computertechnisch ebenso schnell auswert- und verarbeitbar (Kröhling, 2017, 24).

Diese Entwicklung kann zu einem Kontrollverlust auf allen Ebenen führen, wodurch das Verhältnis von Individuum, Unternehmen und Staaten neu definiert wird: Die Bürger*innen verlieren ihre Privatsphäre. Gleichzeitig fürchten Unternehmen und Staaten sog. Whistleblower, Leaks und Shitstorms, die wiederum der Zivilgesellschaft oder einzelnen Gruppen neue Möglichkeiten der Einflussnahme eröffnen (vgl. Döbeli Honegger, 2017, 17 ff.).

Die durch die Informationsflut der Digitalisierung hervorgerufenen riesigen Datenmengen (vgl. Döbeli Honegger, 2017, 12) gleichen nur deshalb nicht einer ‚babylonischen Bibliothek‘ (vgl. Stalder, 2016, 165), weil diese Informationen vorsortiert werden: „[D]ie maschinelle Vorsortierung der (informationellen) Welt [ist] Voraussetzung dafür, überhaupt die riesigen unstrukturierten Datenmengen bewältigen zu können“ (ebd., 182).

Für die Gesellschaft spielen neben den vielfältigen Chancen und Möglichkeiten, die diese technologischen Entwicklungen eröffnen, auch die damit einhergehenden sozialen Veränderungen eine zentrale Rolle: „Immer mehr Menschen beteiligen sich an kulturellen Prozessen, immer weitere Dimensionen der Existenz werden zu Feldern kultureller Auseinandersetzung, und soziales Handeln wird in zunehmend komplexere Technologien eingebettet,

ohne die diese Prozesse gar nicht zu denken und schon gar nicht zu bewerkstelligen wären" (Stalder, 2016, 11). Stalder zeigt auf, dass eine „Kultur der Digitalität“ (ebd., 15 ff) entstehe, die neben den skizzierten unerwünschten Auswirkungen (s.o., vgl. Döbeli Honegger, 2017, 14), auch neue Formen von Gemeinschaften entstehen lasse, die nicht mehr zwangsläufig räumliche Nähe erfordern, sondern auch interessen- oder kontextgeprägt sein können (Knaus, 2017, 34; Stalder, 2016, 13ff). Socialmedia-Gruppen, Open-Source-Bewegungen, Hashtags oder Partnervermittlungs-Websites zeugen von dieser Entwicklung, und Gruppen, die bislang wenig Aufmerksamkeit erfahren haben oder sogar unterdrückt wurden, sorgen mit ihren nun leichter in einer Öffentlichkeit zu artikulierenden Beiträgen für Verschiebungen bestehender Referenzrahmen (Stalder 2016, 40 ff.):

„Die zunächst subkulturell und unter existentiellen Druck erprobten Lebensweisen [z.B. die der LBQT-Bewegung] werden allmählich zum Mainstream. Sie erweitern die Spannweite der relativ leicht verfügbaren Identitätsmodelle für alle, die irgendwie daran interessiert sind, sei es in Bezug auf Familienformen (etwa Patchworkfamilien, Adoption durch gleichgeschlechtliche Paare), Ernährungsweisen (etwas Vegetarismus und Veganismus), Gesundheitspraktiken (etwa Ablehnung von Impfungen) oder anderen Lebens- und Glaubensgrundsätze. Sie alle treten mit dem Anspruch auf, einen neuen, aus ihrer eigenen Praxis stammenden Referenzrahmen für soziale Bedeutung in der Öffentlichkeit anerkannt zu sehen“ (Stalder, 2016, 49).

Der zunehmende Einfluss digitaler Medien verändert damit sowohl die Realität selbst als auch die Wahrnehmung von Realität (Knaus, 2017, 31), wodurch sich auch die Frage nach der Deutungshoheit von Realitäten neu stellt. Das Filtern von Informationen und eine Zuweisung von Bedeutung wurden bislang im Wesentlichen durch ‚Spezialisten‘ z.B. in Hochschulen, Politik, Redaktionen, Museen oder Archiven vorgenommen. Heute ist diese Bewertungskompetenz zur „Alltagsanforderung für große Teile der Bevölkerung geworden [...], unabhängig davon, ob diese über die materiellen und kulturellen Ressourcen verfügen, die nötig sind, um diese Aufgabe zu bewältigen“ (Stalder, 2016, 118). Im Gegensatz zu den klassischen Medienformaten sind diese neuen Informationswege weniger stark reguliert, und die bestehenden Regeln lassen sich durch die grenzüberschreitende Struktur des Internets nur bedingt durchsetzen (Schaar, 2017, 109 ff.). Die zunehmende Pluralisierung der Referenzpunkte und der Bedeutungssysteme überlasten daher die traditionell ‚zuständigen‘ Institutionen, die „nicht darauf ausgerichtet sind, mit dieser Flut an Bedeutungsansprüchen umzugehen“ (Stalder, 2016, 11). So wird es zwar zunehmend einfacher, eigene Inhalte zu erzeugen und zu verbreiten, gleichzeitig aber schwieriger, Wahrheit und Unwahrheit zu unterscheiden: „Ihre Wirksamkeit entfalten Fake News vor allem deshalb, weil sie vorbei an den klassischen Medien direkte massenmediale Wirkung erreichen“ (Schaar, 2017, 111).

Hinsichtlich ökonomischer Entwicklungen ist insbesondere durch die Automatisierung und die Weiterentwicklung von Robotern mit großen Veränderungen zu rechnen sowie mit einer weiteren Erosion im Bereich der Tätigkeiten, die eine niedrige bis mittlere Qualifikation erfordern. Gleichzeitig steigt der Bedarf an höher qualifizierten Personen (Rürup & Jung, 2017, 12), die eben genau solche Automatisierungen entwickeln¹.

„Um eine automatisierte Lösung aufzubauen, ist anfänglich viel Kapital notwendig, der Betrieb ist danach im Vergleich zu früheren, nicht automatisierten Lösungen relativ kostengünstig. Mit dieser Entwicklung steigt die wirtschaftliche Macht vermögender Menschen, während es für weniger vermögende Menschen immer schwieriger wird, durch Arbeit reich zu werden“ (Döbeli Honegger, 2017, 17).

Diese (unvollständige) Aufzählung an Konsequenzen der Digitalisierung führt vor Augen, dass praktisch alle Bereiche des Lebens und der Gesellschaft betroffen sind und es für die/den Einzelne*n kaum noch möglich ist, sich diesem Einfluss zu entziehen (vgl. Schaar, 2017, 105).

Bei den heute schon erfahrbaren und den prognostizierten Effekten ist zusätzlich zu bedenken, dass die Zukunftsvisionen der letzten Jahrzehnte regelmäßig übertroffen wurden (Döbeli Honegger, 2017, 13f). Kurzweil (2013) begründet dieses Phänomen in der intuitiven Linearität der menschlichen Wahrnehmung. So erscheint eine Exponentialkurve, wenn man einen kleinen Ausschnitt betrachtet, als Gerade. Dadurch beziehen häufig auch „kluge Köpfe“ den „momentanen Fortschritt auf die nächsten zehn oder hundert Jahre“ (ebd., 13). Betrachtet man jedoch die technologische Entwicklung historisch, so zeigt sich ein exponentieller, häufig sogar doppelt exponentieller Fortschritt (vgl. ebd., 10ff; z.B. das sog. Moorsche-Gesetz²). Diesen Verlauf der Technologieentwicklung berücksichtigend, wird ein Kind, das heute eingeschult wird, in zehn Jahren mit Technologien konfrontiert, die heute noch wie Science-Fiction anmuten. Allein die Vorstellung, dass aktuelle Systeme künstlicher Intelligenz, die in manchen Bereichen Menschen heute schon überflügeln (vgl. Silver et al., 2017) dann sogar noch um ein Vielfaches leistungsfähiger sein werden, erscheint überwältigend.

Die Auswirkungen dieser Veränderung wurde in den letzten Jahren breit diskutiert, auch in Hinblick auf schulische Bildung (z.B. Arbeitskreis Bildungsstandards Primarbereich der Gesellschaft für Informatik, 2018; Döbeli Honegger, 2017; Dreyer, Heise, Johnsen, 2013; Kultusministerkonferenz, 2017, 8; Stalder, 2016). Die Relevanz

¹ „Diese Einschätzung der Arbeitsnachfrageentwicklung in den einzelnen Bereichen ist aber nur eine Momentaufnahme. Tätigkeiten, die aktuell noch als nicht automatisierbar gelten, können möglicherweise in Zukunft durch weiteren technischen Fortschritt auch von Maschinen ausgeübt werden“ (Rürup & Jung 2017, 12).

² Das Moorsche-Gesetz sagt eine Verdoppelung der Leistungsfähigkeit von Microchips alle 18 Monate voraus, was in den letzten 40 Jahren regelmäßig eingetreten ist (z.B. Döbeli Honegger, 2017, 13).

von Bildung über digitale Medien und den dahinterliegenden Prozessen, Strukturen, Funktionen und sozialen Implikationen wird durch die „Omnipräsenz“ (Knaus, 2017, 37) digitaler Werkzeuge allgemein als hoch eingeschätzt. Dreyer, Heise und Johnson sehen einen „*knowledge gap*“ (Dreyer et al., 2013, 349) in Hinblick auf Konsequenzen, die die Nutzung von Dritten gestalteter und kaum verstandener digitaler Werkzeuge tief bis in das Privatleben hinein nach sich ziehen und fordern eine „digitale Staatsbürgerkunde“ (ebd., 348). Diese soll sich nicht in der Vermittlung von Medienkompetenz erschöpfen, sondern sich in erster Linie mit Grundlagen codebasierter Steuerung auseinandersetzen: „*Digitale Staatsbürgerkunde* vermittelt auch Wissen um die Funktions-, Nutzungs- sowie Produktionslogiken von codebasierten Diensten und Angeboten, sie zeigt mögliche Konflikte auf sowie Auswirkungen von Code auf Individuen und Gesellschaft“ (ebd., 355).

Einigkeit herrscht in der Literatur darin, dass in einer hoch technologisierten Welt die Fähigkeit, mit Informationssystemen umzugehen, eine Kompetenz darstellt, die über die Nutzung hinaus einen kritischen Umgang, Wissen über Funktionsweisen und Auswirkungen umfassen sollte (vgl. Dreyer et al., 2013; Román-González; Pérez-González; Jiménez-Fernández, 2017, 678; Resnick, 2017; Papert, 1980), denn: „Nur wer über die Kenntnis verfügt, was hinter der Benutzerschnittstelle – hinter dem Interface der Maschine – vor sich geht, kann kompetent rezipieren und souverän kommunizieren“ (Knaus, 2017, 42).

Die Diskussion um Auswirkungen digitaler Technologisierung auf die Gesellschaft zieht Implikationen für schulische Bildung unmittelbar nach sich. Inwiefern diese bereits im Grundschulalter beginnen sollte, soll im Folgenden erörtert werden.

2. Kind und Digitalisierung

Für Grundschul Kinder bedeuten digitale Medien das Hineinwachsen in eine durch Technologie geprägte Gesellschaft (s.o.). Die noch kaum abschätzbaren Folgen der Digitalisierung müssen durch die Sachunterrichtsdidaktik zumindest zu antizipieren versucht werden, um Kindern auch in dieser Hinsicht Zukunftschancen zu eröffnen. Dem ‚Eigenrecht des Kindes‘ geschuldet, darf aber der Blick nicht nur in die Zukunft gerichtet werden, sondern muss auch die Zeit der Kindheit selbst miteinschließen. Hier bieten digitale Medien vor allem Spiele, Freizeitbeschäftigungen und „neue Möglichkeiten des Wissenserwerbs, Gestaltens, Handelns und Kommunizierens und damit des Lernens“ (Gervé, 2015, 496). Gleichzeitig bergen digitale Medien aber auch Risiken und Gefahren: Themen wie Cybermobbing bzw. Cyberbullying, Computer-Sucht oder die Frage, welchen Einfluss digitale Medien auf die Entwicklung und das Lernen ausüben, sind Beispiele dafür, dass viele Probleme erst langsam bekannt werden und etliche Fragen noch offen sind (vgl. ebd., 496). Darauf macht auch Gervé aufmerksam: „Digitale Medien sind fester, zuweilen aber wohl eher unbewusster und unhinterfragter Bestandteil der Lebenswelt der Grundschul Kinder als ‚digital natives‘“ (ebd., 497). Die Diskrepanz zwischen der Fähigkeit junger Menschen, digitale Medien zu nutzen und dem mangelnden Verständnis der dahinterliegenden technischen Funktionen und gesellschaftlichen Implikationen, führte Döbeli Honegger (2007, o.S., Döbeli Honegger, 2010, 37) zum persiflierten Begriff der „digital naives“. Resnick (2012) beschreibt dieses Phänomen eingängig: „It is as if they can ‚read‘ but not ‚write‘“ (ebd., 42).

2.1 Interessen und Nutzungsverhalten von Kindern bezüglich digitaler Medien

Die Bedeutung digitaler Medien für Kinder wurde und wird in verschiedenen Studien bereits sehr gut untersucht. So gibt die KIM-Studie 2016 z.B. Auskunft über die aktuellen Interessen von Kindern (Feierabend; Plankenhorn; Rathgeb, 2017): Unangefochten auf Platz 1 rangiert das Thema Freunde/Freundschaft. Gleich dahinter in einem großen Mittelfeld geben aber zwei Drittel der Kinder an, sich für Handys und Smartphones, Internet/Computer/Laptop sowie für Konsolen-/Computer-/Onlinespiele zu interessieren (ebd., 6). Ein ähnliches Bild zeigt sich auch in den Besitzwünschen von Kindern: Auf Platz 1 mit 43,9 % der befragten Kinder befindet sich das Handy/Smartphone, direkt dahinter auf Platz 2 mit 36,8% das Tablet (Kinder-Medien-Studie, 2018, 46).

Die KIM-Studie gibt außerdem Aufschluss über verschiedene Nutzungsformen: In der Gruppe der 6 bis 12-Jährigen nutzen 66 % regelmäßig das Internet, wobei die Nutzung stark vom Alter abhängig ist: Während bei den 6-7-Jährigen 35 % angeben, regelmäßig das Internet zu nutzen, sind es in der Gruppe der 12-13-Jährigen schon 94 % (Feierabend; Plankenhorn; Rathgeb, 2017, 33). Das Thema Kommunikation über Telefonie und Nachrichten spielt bei fast drei Viertel aller Kinder eine große Rolle. Ca. 50% aller Smartphonennutzer*innen im Kindesalter geben außerdem an, regelmäßig Fotos und Videos aufzunehmen und Spiele zu spielen (ebd., 15).

2.2 Vorstellungen und Fragen von Grundschulkindern über Medien und Informatik

Obgleich Kinder einen immer besseren Zugang zu digitalen Medien haben (s.o.), mangelt es am Verstehen dahinterliegender Funktionsweisen und Gestaltungsprozesse. Dies zeigt bspw. eine Studie von Sheehan (2003) aus Neuseeland, der sich mit den Vorstellungen von Grundschulkindern bzgl. dessen, was Computerprogramme sind und wie Programmierer*innen aussehen, beschäftigte, um Hinweise dafür zu finden, wie Programmierumgebungen für Kinder gestaltet sein sollten. Er forderte die Kinder zweier Schulklassen im Alter von 6-7 bzw. 9-10 Jahren

auf, Zeichnungen von Personen anzufertigen, die einen Computer programmieren und interviewte im Anschluss daran einige von ihnen hinsichtlich ihrer Zeichnungen sowie darüber hinaus bezüglich ihres Interesses daran, selbst programmieren zu können (ebd., 75). Zwar hatte keines der Kinder eine korrekte Vorstellung davon, was Programmieren sei, jedoch wurde deutlich, dass es eine Reihe von Erfahrungen mit der Nutzung von Programmen gab und darauf basierende vage Vorstellungen davon, dass ein Programm den Nutzer*innen erlaubt, verschiedene Aktivitäten mit dem Computer auszuführen (ebd., 77f). Auf die Frage, ob sie selbst gern programmieren können würden, antworteten trotz des Unwissens darum, was Programmieren sei, dennoch die meisten der befragten Kinder positiv. Insbesondere Kinder in der älteren Gruppe interessierten sich für das Programmieren, hier vor allem von Spielen oder Programmen, mit denen sie selbst bereits Erfahrungen gesammelt hatten. Insgesamt scheint jedoch das Interesse der Kinder und vor allem der Mädchen an informatischen Themen im Verlauf der Grundschule abzunehmen (ebd., 79).

Petrut, Bergner und Schroeder (2017) befassten sich mit der Nutzung, den Assoziationen und Interessen von Kindern im Alter von 8-11 Jahren im Bereich Informatik. Dafür befragten die Autoren 198 Kinder mithilfe eines Fragebogens. Weitere 34 Kinder wurden aufgefordert ihr Vorwissen und ihre Interessen im Bereich Informatik auf ein Plakat zu notieren (ebd., 66). Die Autor*innen kamen zu dem Ergebnis, dass der Computer hauptsächlich zum Spielen eingesetzt wird (ebd., 69). Die meisten der von ihnen befragten Kinder hatten keine konkrete Vorstellung vom Begriff ‚Informatik‘. Lediglich ein Drittel der Befragten assoziierten diesen mit dem Begriff ‚Computer‘ (ebd., 68). Bezüglich des Interesses an informatikbezogenen Domänen konnte gezeigt werden, dass eine deutliche Mehrheit der befragten Schüler*innen an technischen Geräten, Computern, Informatik³ und am Lösen kniffliger Probleme interessiert ist. Unterschiede zwischen den Geschlechtern gab es lediglich bei zwei Aspekten: Mehr Mädchen gaben an, am „Lösen kniffliger Probleme“ (ebd., 68) interessiert zu sein. Dafür ist das Interesse an technischen Geräten bei Jungen etwas höher ausgeprägt (s. Tab. 1). Der Umstand, dass Kinder sich für einen Gegenstand interessieren, von dem sie kaum Vorstellungen besitzen, limitiert jedoch die vorliegenden Ergebnisse im Hinblick auf deren Validität.

Kategorie	Anzahl Nennungen	Anzahl Kinder	Mädchen	Jungen
Spiele	84	28	10 (77%)	18 (86%)
Computer	82	28	11 (85%)	17 (81%)
Internet	57	27	10 (77%)	17 (81%)
Bild, Musik, Video	46	25	8 (62%)	17 (81%)
Kommunikationsmittel	39	26	11 (85%)	15 (71%)
Tablet	24	20	8 (62%)	12 (57%)
Schule	22	14	6 (46%)	8 (38%)
Programmierung	15	11	5 (38%)	6 (29%)

Tabelle 1: Assoziationen und Interessen von Kindern im Alter von 8-11 Jahren bzgl. Informatik (Petrut et al., 2017, 69)

Hinweise darauf, welche Fragen Kinder in Bezug auf digitale Medien haben, liefert die Studie von Borowski, Diethelm und Wilken (2016). Sie forderten 603 Schüler*innen der 3. und 4. Klasse auf, ihre wichtigsten Fragen bezüglich Informatik und Informations- und Kommunikationstechnologien zu notieren. Demnach betrafen jeweils ca. 20% der Fragen das Internet und Computer, 14,2 % Roboter und ca. 12,7 % Mobiltelefone (Borowski et al., 2016, 74; s. Tab. 2). Die Daten stammen jedoch aus den Jahren 2010 und 2011. Aufgrund der rasanten technischen Entwicklung und Ausbreitung müsste die Übertragbarkeit auf die heutige Zeit daher inzwischen vermutlich bereits wieder überprüft werden.

³ Obwohl die meisten Schüler*innen angaben, keine Vorstellung vom Begriff Informatik zu haben.

Category	Codings	Frequency
Internet	656	20.6
Computers	647	20.3
Robot	450	14.2
Mobile phones	405	12.7
Sound and Picture	210	6.6
Game Consoles	209	6.6
General ICT Questions	197	6.2
Miscellaneous	197	6.2
Games	149	4.7
Indeterminable	60	1.9
Total	3180	

Tabelle 2: Fragen von Kindern in Bezug auf digitale Medien (Borowski et al., 2016, 74)

2.3 Vorraussetzungen zum Verständnis informatischer Inhalte

Mit der Frage, inwiefern Grundschul Kinder kognitiv überhaupt dazu in der Lage sind, mit digitalen und informatischen Inhalten⁴ umzugehen und auch über diese zu lernen, befassen sich bisher zwar nur wenige Studien, einige Erkenntnisse konnten jedoch bereits gewonnen werden: In einer Analyse fand Schwill (2001) zum Beispiel Hinweise darauf, dass es jüngeren Kinder gelingt, fundamentale Ideen⁵ der Informatik wie z.B. ‚Rekursion‘⁶, die ‚Greedy-Methode‘⁷, ‚Strukturiertes Zerlegen‘ und die ‚Nachbildung hierarchischer Strukturen‘ nachzuvollziehen bzw. zu verstehen oder anzuwenden (ebd., 8ff). Auch Hoffmann, Wendtland und Wendtland (2017) kommen sowohl durch ihren Forschungsüberblick als auch aufgrund eigener Untersuchungen zu dem Schluss, dass wesentliche Konzepte der Algorithmisierung auch für Grundschul Kinder umsetzbar sind – ohne vorherige Thematisierung dieser Inhalte im Unterricht. Einfache Aufgaben mit Sequenzierungen⁸ konnten bereits in Klasse 2 gelöst werden. Aufgaben mit Iterationen⁹ waren erst in Klasse 3 lösbar (ebd., 81f). Weigend (2009) kommt auf Grundlage eigener Studien in der Grundschule mit Dritt- und Viertklässlern (n=126 bzw. n=149) zu dem Ergebnis, dass „[a]b der dritten Klasse [...] Kinder keine grundsätzlichen Schwierigkeiten zu haben [scheinen], die wesentlichen Ausdrucksmittel einer Programmiersprache zur Steuerung von Aktivitätsflüssen und zur Benennung von Entitäten zu begreifen und anzuwenden“ (Weigend, 2009, 107).

Unterstützt werden diese Befunde durch die Ergebnisse verschiedener anderer Studien: So kam eine Untersuchung zum Thema ‚Algorithmen‘ in der Grundschule zu dem Ergebnis, dass selbst Kinder, die des Lesens und Schreibens noch nicht mächtig sind, lernen können, mit grafischen Algorithmen umzugehen (Gibson, 2012, 39). Auch Goecke, Stiller und Pech (2018, 105) konnten in ihren Untersuchungen Ansätze von Hypothesengenerierung und -prüfung, der Greedy-Methode und des Nutzens von Variablen beobachten.

Bezieht man Studien mit ein, die auf die Elementarstufe fokussieren, zeigt sich, dass selbst Vorschulkinder schon Grundkonzepte der Informatik verstehen können: Eine Untersuchung von Kindern zwischen 3 und 6 Jahren, die mit LEGO-Electronic-Blocks arbeiteten, belegt, dass bereits 3-Jährige einfache Algorithmen und Robotersysteme entwickeln und damit arbeiten können (Wyeth & Wyeth, 2008, 130ff).

Dieser kurze Überblick gibt Hinweise darauf, inwiefern digitale Medien in der Kindheit – mit deutlichem Schwerpunkt jedoch in der Freizeit – eine Rolle spielen.

Auch wenn es bisher relativ wenig empirische Befunde zu kognitiven Voraussetzungen für Informatik und informatischen Bildung in der Grundschule gibt, kann man eine prinzipielle Eignung dieser Thematik für die Klassenstufen 1 bis 4, mit einem Schwerpunkt in den Klassen 3 bis 4 im Sachunterricht annehmen. Die Frage, inwiefern unterstützende Lernangebote einen Einfluss auf die Kompetenzentwicklung auch jüngerer Kinder in diesem Bereich haben können, bleibt jedoch ein Desiderat.

⁴ An dieser Stelle bleibt die Betrachtung medienpädagogischer (nutzungsbezogener) Inhalte ausgespart, da diese im Perspektivrahmen Sachunterricht bereits ausführlich berücksichtigt werden (vgl. GDSU, 2013).

⁵ Für genauere Ausführungen über die Konzeption der „fundamentalen Ideen der Informatik“ siehe auch: Schwill, A. (1993): Fundamentale Ideen der Informatik. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 25(1):20–31, 1993.

⁶ eine komplexere Form der Iteration, bei der eine Anweisung sich selbst mehrfach aufruft

⁷ sukzessiver Ausbau von Teillösungen zur Gesamtlösung

⁸ Anweisung, die eine konkrete Abfolge von Schritten beinhaltet

⁹ Wiederholung einzelner Schritte, bzw. Schrittfolgen

3. Digitalisierung und informatische Bildung im Sachunterricht

Nach Breier (2005) ist *informatische* Bildung ein Teil der Allgemeinbildung, welcher „die Welt unter informationellem Aspekt betrachtet“ (ebd., 50). Hierbei wird Information im umgangssprachlichen Sinne als „Bedeutungsinhalt einer Aussage“ (Borowski 2010, 3) verstanden, oder wie Wiener bereits 1949 treffend formulierte: „information is information, not matter or energy.“ (Wiener, 1949, 155). Die *digitale* Bildung schließt zusätzlich gesellschaftliche Phänomene mit ein (vgl. Stalder, 2016), die in Relation zu diesen informatischen Aspekten geschehen, sowie gängige mediendidaktische Nutzungspraktiken. In der sogenannten „Dagstuhl-Erklärung“ der Gesellschaft für Informatik (GI) werden daher drei Perspektiven digitaler Bildung bestimmt: eine technologische, eine gesellschaftlich-kulturelle und eine anwendungsbezogene Perspektive (GI, 2016, 6, Abb. 1). Informatische Bildung wird daher im weiteren Verlauf als Teil der digitalen Bildung aufgefasst.

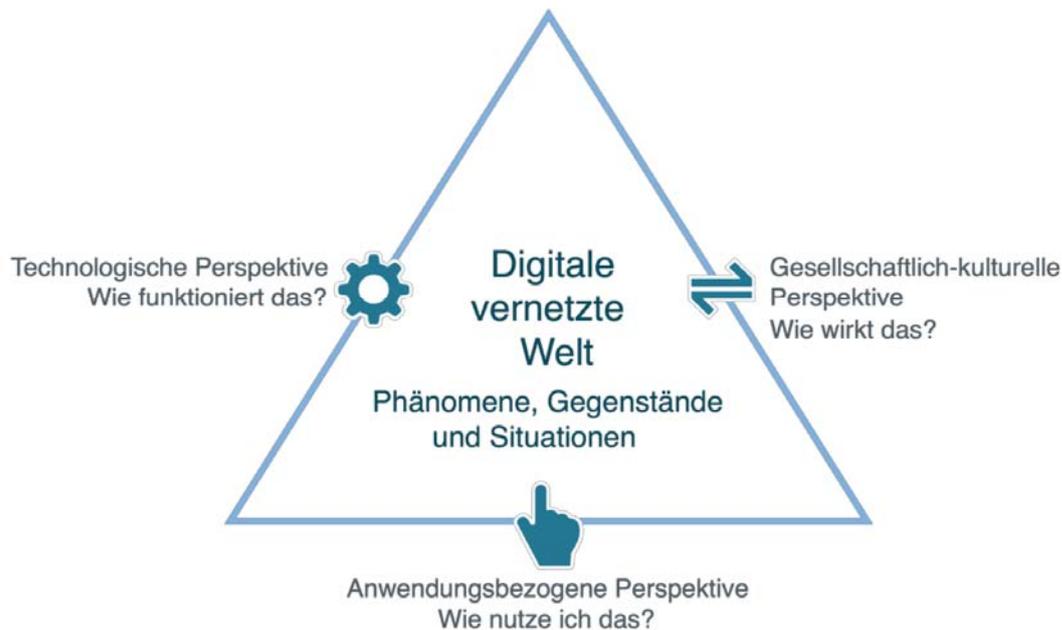


Abbildung 1: „Dagstuhl-Dreieck“: Perspektiven digitaler Bildung (GI, 2016, 3)

3.1 Digitale Bildung im Perspektivrahmen Sachunterricht

Aufgaben des Sachunterrichts sind u.a.: „Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, ihre natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen zu verstehen“ (GDSU, 2013, 9) und „sie [zu] befähigen, in gegenwärtigen und zukünftigen Lebenssituationen zunehmend kompetent zu handeln“ (Köhnlein, 2015, 89 f).

Im Rahmen der ‚Technischen Perspektive‘ des Sachunterrichts (GDSU, 2013, 63 ff) heißt es: „Kinder nutzen Technik selbstverständlich in ihrem Alltag. Meist handelt es sich um die Bedienung komplexer technischer Geräte und Prozesse, die kaum einsichtig sind (z.B. Telefon, Computer, Fernsehen)“ (GDSU, 2013, 66). Diese Formulierung macht ein grundlegendes Problem deutlich: Einsicht in die Funktionen komplexer technischer Geräte, die die Lebenswelt prägen, wird als kaum möglich angesehen. Auch wenn Kinder sich „als technisch Wirkende erleben“ (ebd.) sollen, bezieht sich dies lediglich auf Materialien und Werkzeuge sowie auf ‚weniger komplexe‘ Geräte wie „Schere, Hammer, Säge, Feile“ (ebd., 67) und „einfache technische Maschinen sowie Geräte (Handbohrmaschine, Dekupiersäge)“ (ebd.). Bezüglich ‚komplexerer‘ technischer Geräte wie dem Computer, findet sich im Perspektivrahmen Sachunterricht lediglich der Hinweis auf die „sachgerechte Entsorgung technischer Erzeugnisse“ (ebd., 67). Eine Zuordnung digitaler bzw. informatischer Lerninhalte zur Technischen Perspektive, wie sie z.B. von Schäffer und Mammes (2014, 67) vorgeschlagen wird, gestaltet sich dementsprechend schwierig.

2013 wird mit der Neufassung des Perspektivrahmen Sachunterricht ein perspektivvernetzender Bereich „Medien“ hinzugefügt. Perspektivvernetzende Bereiche liegen vertikal zu den Perspektiven und „besitzen nicht nur Beispielcharakter, sondern zählen fest zum Inhaltskanon des Sachunterrichts“ (Hartinger & Giest, 2015, 261). Ausführlich wird hierbei auf die Bedeutung der Thematisierung medienpädagogischer und -didaktischer Aspekte im Sachunterricht eingegangen. Informatikbezogene Kompetenzziele, die sich auf z.B. programmier- oder funktionstechnische Aspekte beziehen, finden sich bisher noch kaum. Zwar wird angesprochen, dass Kinder „technische Funktionsweisen neuer Medien“ (GDSU, 2013, 85) kennen lernen sollen. Die Aufzählung: „z.B. GPS/ Galileo, Sprach-, Gesten- und Bilder- bzw. Gesichtserkennung, 3D-Druckverfahren, Lokalisierungs- und Cloud-Dienste“

(ebd.) lässt jedoch darauf schließen, dass hier eher Hardware- bzw. anwendungsbezogene Kenntnisse gemeint sind und keine ‚Software-Perspektive‘ (‚Code‘, z.B. Algorithmen) eingenommen wird. Zusätzlich zeigen die hier benannten Beispiele kaum Übereinstimmungen mit den in Studien festgestellten Interessen von Kindern (z.B. Feierabend, Plankenhorn und Rathgeb, 2017; Borowski et al., 2016, 74). Weder im Kapitel „Kompetenzbeschreibungen“, noch im Unterrichtsbeispiel werden im weitesten Sinn ‚informatische‘ Inhalte benannt (GDSU, 2013, 148ff.).

3.2 Theoretische Fundierung sowie Sachunterrichtsdidaktische Forschung zur digitalen Bildung

Schon Klafki wies in seinem Artikel zum Bildungsauftrag des Sachunterrichts darauf hin, dass man die Informations- und Kommunikationsmedien zu den epochaltypischen Schlüsselproblemen zählen sollte:

„Wir brauchen in einem zukunftsorientierten Bildungssystem auf allen Schulstufen und in allen Schulformen eine gestufte, kritische informations- und kommunikationstechnologische Grundbildung als Moment in einer neuen Allgemeinbildung; ‚kritisch‘, d.h. so, daß die Einführung in die Nutzung und in ein elementarisertes Verständnis der modernen, elektronisch arbeitenden Kommunikations-, Informations- und Steuerungsmedien immer mit der Reflektion über ihre Wirkungen auf die sie benutzenden Menschen, auf die möglichen sozialen Folgen des Einsatzes solcher Medien und auf den möglichen Mißbrauch verbunden werden“ (Klafki, 1992, 20).

Entsprechend früh wurde in der Sachunterrichtsdidaktik über die Integration digitaler Medien nachgedacht. So befasste sich beispielsweise Soostmeyer schon 1998 intensiv mit der Integration des Computers und spezifisch entwickelter sachunterrichtlicher Software in den Sachunterricht (Soostmeyer, 1998, 334ff), und die Gründung der ‚AG Neue Medien‘ der GDSU erfolgte 2009. Inzwischen wurden vielversprechende Ideen bzw. Konzepte entwickelt und erprobt (vgl. z.B. Peschel & Irion, 2016), allerdings stand dabei bisher das Lernen *mit* Medien im Vordergrund (vgl. Borowski et al. 2010). Spätestens seit der Etablierung des perspektivverneuzenden Bereichs Medien im Perspektivrahmen (GDSU, 2013) erfährt aber auch das Lernen *über* Medien mehr Aufmerksamkeit. Dabei wird zunehmend deutlich, dass „der Sachunterricht das Fach [ist], in dem [...] das Lernen über Medien [...] weit stärker im Fokus steht als in anderen Grundschulfächern“ (Peschel, 2015, 174; vgl. Borowski et al., 2010). Die besondere Rolle des Sachunterrichts resultiert daraus, dass hier die Nutzung von Medien, aber auch die technischen Konzepte ‚dahinter‘ thematisiert werden können. Entsprechend stellt Peschel (2015) fest:

„[...] bisherige Betrachtungen, die die Entwicklung einer Medienkompetenz (allein) durch die Nutzung von Medien im Sachunterricht anstrebt, [sind] unzureichend, müssen doch – besonders aus aktuellem Anlass – der Umgang mit den Daten, die in den Medien verarbeitet und verbreitet werden, thematisiert werden. Aber auch die Auseinandersetzung mit Möglichkeiten, Grenzen und Gefahren des Internets sowie die Diskussion über verschiedene Geräteklassen und deren Einfluss auf die Nutzungen sollten Thema des Sachunterrichts sein“ (Peschel, 2015, 174).

Peschel merkt an, dass der Sachunterricht dabei von der gestiegenen (technischen) Medienkompetenz der Schüler*innen profitiere, die vorhandenen Kompetenzen jedoch noch in zu geringem Maße nutze (ebd., 177).

Der Bereich der Bildung über digitale Medien erfährt innerhalb der sachunterrichtsdidaktischen Diskussionen eine Erweiterung. So formuliert Gervé (2016, 122ff.) zum Beispiel konkrete Vorschläge für zu erreichende Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen von Grundschulkindern in Bezug auf digitale Medien und bezieht explizit informatische Inhalte mit ein, wenn er als eine Kompetenz das Einrichten von Geräten nach eigenen Vorstellungen und das Erfinden und Erproben kleiner Programme benennt.

Entsprechend dieser Entwicklung zeigen sich innerhalb der Sachunterrichtsdidaktik erste Bemühungen um eine Integration informatischer Aspekte in die Forschung: Straube, Madany Mamlouk, Köster, Nordmeier, Müller-Birn & Schulte (2013) fassen in ihrem Forschungsüberblick Vorteile einer frühen informatischen Bildung zusammen. So zeigen sich Kinder im Grundschulalter aufgeschlossener und interessierter bezüglich der Thematik als ältere Kinder. Stereotypenbilder traten nicht auf und Genderdifferenzen zeigten sich nicht bzw. teilweise eher mit Vorteilen für Mädchen.

Schäffer & Mammes (2014, 2015) untersuchen die Möglichkeiten der Entwicklung eines informatischen Verständnisses mithilfe von Robotik. Goecke, Stiller, Pech & Pinkwart (2017) bzw. Goecke, Stiller & Pech, (2018) erforschen das Algorithmenverständnis von „Drittklässler/innen beim Explorieren von programmierbarem Material“ (ebd., 101). Sie finden dabei z.B. Ansätze der Hypothesenprüfung und folgern daraus eine Überschneidung von wissenschaftlichem und informatischem Denken (ebd., 105).

3.3. Informatikdidaktische Forschung im Primarbereich

Der Großteil der Artikel und Vorschläge für Lehrmaterialien weist einen Schwerpunkt in Hinblick auf Inhalte des Informatikunterrichts der Sekundarstufe auf¹⁰ (vgl. bspw. Borowski et al., 2010; Best, 2017; Hoffmann et al., 2017; Bergner et al., 2017). So versuchen Borowski et al. (2010) „Theoretische Überlegungen zur Begründung“ für „Informatische Bildung im Sachunterricht“ zu liefern (ebd., 1). Die Autoren plädieren für die Aufnahme der

¹⁰ Dieser Umstand erinnert an die historische Entwicklung der 70er Jahre („Sputnik-Schock“) (bspw. bei Thomas, 2013, 35).

Informatik in den Sachunterricht und beschreiben die Sachunterrichtsdidaktik als „dafür zuständige wissenschaftliche Disziplin“ (ebd., 3). Geht es um die Integration dieser neuen Inhalte in den Sachunterricht und um deren Bildungspotenziale, verweisen die Autoren aber weitgehend auf Konzepte, die für den Informatikunterricht der Sekundarstufe entwickelt wurden (ebd., 3ff).

In der Forschungsgruppe Elementartinformatik (FELI, vgl. z.B. Schmid, Weitz & Gärtling-Daug, 2018) werden ausgehend von einer fachinformatischen Perspektive Einsatzszenarien für den Grundschulunterricht entwickelt. Dabei fordern die Autorinnen, dass der Ansatz nicht durch ein „reines Herunterbrechen der Lehrplaninhalte aus der Sekundarstufe I auf den Grundschulbereich“ geschehen dürfe. Stattdessen sollte „[ä]hnlich wie bei den frühen naturwissenschaftlichen Inhalten [...] ein spielerischer, forschender Zugang im Vordergrund stehen, der Interesse von Kindern für informatische Themen weckt und ihnen ein Verstehen der digitalisierten Welt ermöglicht“ (ebd., 202). Auch sie räumen ein, dass die Ansätze „überwiegend aus der fachwissenschaftlichen (im Gegensatz zur fachdidaktischen) Perspektive heraus“ (ebd., 202) entwickelt wurden. Gleichzeitig folgt dieser Ansatz (zumindest vom Anspruch her) aber auch didaktischen Prinzipien, die auch aus sachunterrichtsdidaktischer Perspektive bedeutsam sind, wenngleich der Begriff „Elementarinformatik“ eine hauptsächlich auf den Elementarbereich (Kindergarten und Vorschule) ausgerichtete Zielrichtung nahelegt und die Inhalte der beschriebenen Kurse eine eher propädeutische Funktion in Hinblick auf den Informatikunterricht implizieren.

Im Entwurf des Arbeitskreises „Bildungsstandards Primarbereich“ der Gesellschaft für Informatik (Arbeitskreis Bildungsstandards Primarbereich der Gesellschaft für Informatik, 2018, V) „Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich“ stellen die Autor*innen zwar zu Beginn fest, dass es Aufgabe der Grundschule sei, „die Fähigkeiten, Interessen und Neigungen der Kinder aufzugreifen und sie mit den Anforderungen fachlichen und fachübergreifenden Lernens zu verbinden“ (ebd. V), im weiteren Verlauf wird aber vor allem eine Anschlussfähigkeit an die Sekundarstufe betrachtet. So wird u.a. empfohlen, „die entsprechenden Empfehlungen für die Sekundarstufe I und II etablierten Inhalts- und Prozessbereiche auch für den Primarbereich aufzugreifen“ (ebd., VI).

Aufgrund der Initiative des ‘Haus der kleinen Forscher’ entwickelte eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe aus Informatikdidaktiker*innen unter sachunterrichtsdidaktischer Beratung Ideen für eine fachdidaktische Grundlegung informatischer Standards für die Elementar- und Primarstufe (Stiftung Haus der kleinen Forscher, im Druck). Dabei wird zwar auf sachunterrichtsdidaktische Prinzipien Bezug genommen, jedoch merken die überwiegend aus der Informatikdidaktik stammenden Autor*innen an, dass ihre Sichtweise auch hier vor allem „informatikdidaktisch“ (Bergner et al., 2017, 54) geprägt sei.

4. Fazit: Eine ‘digitale Perspektive’ für den Sachunterricht

Der Einfluss der Digitalisierung auf die Gesellschaft und hier insbesondere auf Grundschulkindern ist bereits aktuell so groß, dass der Einbezug digitaler und insbesondere auch informatischer Bildung in den Sachunterricht dringend geboten erscheint. Die Notwendigkeit, aber auch die Legitimation einer digitalen bzw. informatischen Bildung kann direkt aus dem Bildungsanspruch des Sachunterrichts abgeleitet werden: „Das sachunterrichtliche Lernen leistet einen Beitrag zu *grundlegender Bildung*“ (GDSU, 2013, 9). Dieses prominent am Anfang des Perspektivrahmens formulierte, im Wesentlichen durch Köhnlein (u.a. 1998) geprägte und breiten Konsens findende Ziel, bildet einen Rahmen für den Sachunterricht, der gleichzeitig darauf gerichtet ist, eine (Verstehens-)Basis zu legen, aber auch zukunftsgerichtet zu sein: „Grundlegung“, so Köhnlein (1998, 34), „genügt nicht sich selbst, sondern ist auf Aufbau und Weiterlernen gerichtet.“ (ebd.) Sachunterricht hat somit „grundsätzlich neben einer situativen auch eine propädeutische Komponente“ (ebd.). Die Frage, was grundlegende Bildung ausmacht, muss daher sowohl durch die Reflexion dessen, wie sich die Lebensumwelt von Kindern jeweils aktuell darstellt als auch dessen, was zukünftige Herausforderungen sein könnten, immer wieder neu gestellt werden. Dabei sind auch die aktuellen Interessen und Lernbedürfnisse der Kinder (siehe Kapitel: Kind und Digitalisierung) zu berücksichtigen (vgl. GDSU, 2013, 10).

Da kaum absehbar ist, welche Veränderungen die zunehmende Technologisierung zukünftig noch bewirken wird, ist es u.E. an der Zeit, Kindern systematische Einblicke auf allen Ebenen der Digitalisierung zu ermöglichen. Betrachtet man allerdings die Forschungslage zu dieser Thematik, so zeigen sich innerhalb der Sachunterrichtsdidaktik bislang hauptsächlich Aktivitäten, die sich dem Lernen *mit* Medien widmen, und nur wenige, die auch das Lernen *über* Medien und Digitalisierung fokussieren. So müssen wir hier – bezogen auf technologische bzw. informatische Aspekte – eine Forschungslücke konstatieren.

Die Etablierung eines neuen Inhaltsbereichs im Curriculum für den Sachunterricht kann, wie sich in der Vergangenheit schon gezeigt hat, vor allem dadurch gelingen, dass dieses Feld im Perspektivrahmen Sachunterricht und damit mittelbar auch in den Rahmenlehrplänen der Länder eine angemessene Berücksichtigung findet. Dies würde u.E. vor allem dann der Fall sein, wenn das Thema Digitalisierung nicht nur randständig erwähnt oder als Querschnittsaufgabe betrachtet wird, sondern vielmehr einen Stellenwert erhält, der seinem ‚Impact‘ auf Kinder

und die Gesellschaft insgesamt gerecht wird. Deshalb plädieren wir dafür, eine eigene ‚digitale Perspektive‘ zu formulieren und in den Perspektivrahmen Sachunterricht aufzunehmen.

Die Gestaltung dieser Perspektive sollte durch Vertreter*innen aus der Informatikdidaktik und der Sachunterrichtsdidaktik gemeinsam erfolgen und pädagogische, soziale sowie auch ethische Aspekte mit einbeziehen. Wegweisend können dabei sowohl informatikdidaktische als auch sachunterrichtsdidaktische, gesellschaftswissenschaftliche und ethische Überlegungen sein. Irion benennt z.B. drei inhaltliche Schwerpunkte, die digitale Bildung charakterisieren: Er spricht von einer digitalen Bildung, „die die technologische Perspektive (z. B. informatische Bildung) mit einer anwendungsbezogenen und einer gesellschaftsbezogenen Perspektive verbindet“ (Irion, 2016, 29; siehe auch GI 2016, 3; vgl. Abb. 1; ähnlich auch Döbeli Honegger 2017, 59ff.) und gibt gleichzeitig zu bedenken, dass die Perspektive und die individuellen Erfahrungen der Kinder zu berücksichtigen sind, „um eine kritisch-reflexive Verarbeitung von Medienangeboten und die Entwicklung einer Handlungskompetenz zu unterstützen“ (Irion, 2016, 26). Damit wird ein Rahmen aufgespannt, der ebenso konform geht mit allgemeinen und informatikdidaktischen Anforderungen an digitale Bildung wie auch mit sachunterrichtsdidaktischen Aufgaben und Zielen.

Die theoretische Fundierung und konkrete Formulierung einer ‚digitalen Perspektive‘ kann darüber hinaus auch ein wichtiger Schritt hin zu einer verbesserten digitalen Allgemeinbildung (vgl. Gallenbacher, 2017) sein, einen förderlichen Einfluss auf die Belebung des Forschungsgebietes Digitalisierung/Informatik im Sachunterricht bzw. in der Grundschule haben sowie auch auf die Weiterentwicklung der Lehrkräfte-Professionalisierung um diesen Bereich. Denn nur so können die Kinder im Sachunterricht auch bei der Erschließung *digitaler* Umwelten adäquat unterstützt werden (vgl. Kahlert 2016, 11).

Literaturverzeichnis

- Arbeitskreis "Bildungsstandards Primarbereich" der Gesellschaft für Informatik (2018). Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Zugriff am 18.07.2018. Online verfügbar unter http://ddi.uni-wuppertal.de/website/repoLinks/v63_Kompetenzen_Entwurfsfassung_2018-06-26.pdf.
- Bergner, N., Köster, H., Magenheim, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. et. al (2017). Zieldimensionen für frühe informatische Bildung im Kindergarten und in der Grundschule. In I, Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 53-62). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Best, A. (2017). Bild der Informatik von Grundschullehrpersonen. Erste Zwischenergebnisse aus qualitativen Einzelfallstudien. In I, Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 83-86). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Borowski, C., Diethelm, I. & Mesaros, A.-M. (2010). Informatische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Theoretische Überlegungen zur Begründung. *www.widerstreit-sachunterricht.de*, 14, 1-8. Zugriff am 10.08.2018. Verfügbar unter <http://www.widerstreit-sachunterricht.de/ebene1/superworte/infor/BorDieMe.pdf>.
- Borowski, C., Diethelm, I. & Wilken, H. (2016). What children ask about computers, the internet, robots, mobiles, games etc.. In J. Vahrenhold & E. Barendsen (Hrsg.). *WiPSCE 2016. Proceedings of the 11th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. (S. 72–75). New York: The Association for Computing Machinery.
- Breier, N. (2005). Der informationsorientierte didaktische Ansatz – Eine Basis für Bildungsstandards der Schulinformatik. *LOG IN* 25(135). 50-53.
- Bundesverfassungsgericht, Urteil vom 15.12.1983, Aktenzeichen 1 BvR 209/83; 1 BvR 269/83; 1 BvR 362/83; 1 BvR 420/83; 1 BvR 440/83; 1 BvR 484/83.
- Döbeli Honegger, B. (2007). *Mit digital natives kollaborativ arbeiten*. SATW-Tagung ICT, Münchenwiler. Zugriff am 08.08.2018. Verfügbar unter <http://beat.doebe.li/talks/satw07/>.
- Döbeli Honegger, B. (2010). ICT im Hosensack – Informatik im Kopf. In G. Brandhofer, G. Futschek, P. Micheuz, A. Reiter & K. Schoder (Hrsg.), *25 Jahre Schulinformatik in Österreich – Zukunft mit Herkunft*. (S. 35-43). Wien: Österreichische Computer Gesellschaft.
- Döbeli Honegger, B. (2017). *Mehr als 0 und 1. Schule in einer digitalisierten Welt*. Bern: Hep Verlag.
- Dreyer, S., Heise, N. & Johnsen, K. (2013). Code as code can. Warum die Online Gesellschaft einer digitalen Staatsbürgerkunde bedarf. *ComSoc Communicatio Socialis*. 46., 3-4. 348-358
- Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union (2016). *Verordnung zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung)*. *DGSVO*. Zugriff am 13.06.2018. Verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:02016R0679-20160504>.
- Feierabend, S., Plankenhorn, T. & Rathgeb, T. (2017). *KIM-Studie 2016 - Kindheit, Internet, Medien. Basisstudie zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland*. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. Zugriff am 14.05.2018. Verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2016/KIM_2016_Web-PDF.pdf.
- Gallenbacher, J. (2017). Allgemeinbildung in der digitalen, gestalteten Lebenswelt. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 19-28). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Gervé, F. (2016). Digitale Medien als „Sache“ des Sachunterrichts. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. 1. Aufl.. (S. 121-134). Frankfurt am Main: Grundschulverband - Arbeitskreis Grundschule (Beiträge zur Reform der Grundschule, 141).
- Gervé, F. (2015). Digitale Medien. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. (S. 496-500). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU] (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Gesellschaft für Informatik [GI] (2016). *Dagstuhl-Erklärung*. Zugriff am 18.07.2018. Verfügbar unter https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf.
- Gibson, J. P. (2012). Teaching Graph Algorithms To Children Of All Ages. In T. Lapidot, J. Gal-Ezer, M. E. Caspersen & O. Hazzan (Hrsg.), *Proceedings of the 17th ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education*. S. 34-39.

- Goecke, L., Stiller, J. & Pech, D. (2018). Algorithmische Verständnisweisen von Drittklässler/innen beim Explorieren von programmierbaren Material. In U. Franz, H. Giest, A. Hartinger, A. Heinrich-Dönges & B. Reinthoffer (Hrsg.), *Handeln im Sachunterricht*. (S. 101-108). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, 28).
- Goecke, L., Stiller, J., Pech, D. & Pinkwart, N. (2017). Informatische Grundbildung: Exploration des Erstzugangs zu Lego® Wedo 2.0 und Cubelets von Drittklässler_innen. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 417-418). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Hartinger, A. & Giest, H. (2015). Perspektivrahmen Sachunterricht. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. (S. 257-263). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Hoffmann, S., Wendtland, K. & Wendtland, M. (2017). Algorithmisieren im Grundschulalter In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 73-82). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Irion, T. (2016). Digitale Medienbildung in der Grundschule – Primarstufenspezifische und medienpädagogische Anforderungen. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. 1. Aufl.. (S. 16-33). Frankfurt am Main: Grundschulverband - Arbeitskreis Grundschule (Beiträge zur Reform der Grundschule, 141).
- Kahlert, J. (2016). *Der Sachunterricht und seine Didaktik*. UTB. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kinder-Medien-Studie (2018). Zugriff am 09.08.2018. Verfügbar unter https://kinder-medien-studie.de/wp-content/uploads/2018/08/KMS2018_Berichtsband_v2.pdf.
- Klafki, W. (1992). Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. In R. Lauterbach, W. Köhnlein, K. Spreckelsen & E. Klewitz (Hrsg.), *Brennpunkte des Sachunterrichts*. (S. 11-31). Kiel: IPN.
- Knaus, T. (2017). Verstehen – Vernetzen – Verantworten: Warum Medienbildung und informatische Bildung uns alle angehen und wir sie gemeinsam weiterentwickeln sollten. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 31-48). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Köhnlein, W. (1998). Grundlegende Bildung - Gestaltung und Ertrag des Sachunterrichts. In B. Marquardt-Mau (Hrsg.), *Grundlegende Bildung im Sachunterricht*. (S. 27-46). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Köhnlein, W. (2015). Aufgaben und Ziele des Sachunterrichts. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. (S. 88-97). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (UTB Schulpädagogik, 8621).
- Kröhlung, A. (2017). Digitalisierung – Technik für eine nachhaltige Gesellschaft? In A. Hildebrandt & W. Landhäuße (Hrsg.), *CSR und Digitalisierung*. (S. 23-49). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kultusministerkonferenz (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin. Zugriff am 18.07.2018. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf.
- Kurzweil, R. (2013). *Menschheit 2.0. Die Singularität naht*. Aus dem Englischen übersetzt von Martin Röttschke. Berlin: Lola Books.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, Inc., Publishers.
- Peschel, M. (2015). Medienerziehung im Sachunterricht. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. (S. 173-179). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (UTB Schulpädagogik, 8621).
- Peschel, M. & Irion, T. (Hrsg.). (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. 1. Aufl.. Frankfurt am Main: Grundschulverband – Arbeitskreis Grundschule (Beiträge zur Reform der Grundschule, 141).
- Petrut, S.-J., Bergner, N. & Schroeder, U. (2017). Was Grundschulkindern über Informatik wissen und was sie wissen wollen. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt*. Lecture Notes in Informatics (LNI). (S. 63-72). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten. Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT-Press. Cambridge. London.
- Resnick, M. (2012). Reviving Papert's Dream. *Educational Technology*, 52, 4, 42-46.
- Román-González, M., Pérez-González, J.-C. & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691.
- Rürup, B. & Jung, S. (2017). Digitalisierung: Chancen auf neues Wachstum. In A. Hildebrandt & W. Landhäuser (Hrsg.), *CSR und Digitalisierung* (44). (S. 3-21). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schaar, P. (2017). Wie die Digitalisierung unsere Gesellschaft verändert. In M. Schröder & A. Schwanebeck (Hrsg.), *Big Data - In den Fängen der Datenkraken*. (S. 105-122). Baden Baden: Nomos Verlag.
- Schäffer, K. & Mammes, I. (2014). Robotik als Zugang zur informatischen Bildung in der Grundschule. *GDSU-Journal*, 4, S. 59-72.
- Schäffer, K. & Mammes, I. (2015). Zur Bedeutung informatischer Bildung in der Grundschule – Das Konstrukt des informatischen Verständnisses von Grundschulern. In D. Blömer, M. Lichtblau, A. Jüttner, K. Koch, M. Krüger & W. Werning (Hrsg.), *Perspektiven auf inklusive Bildung. Jahrbuch Grundschulforschung*, 18. (S. 174-180). Wiesbaden: Springer VS.
- Schmid, U., Weitz, K. & Gärtig-Daug, A. (2018). Informatik in der Grundschule. *Informatik Spektrum*, 41, 3, 200-207.
- Schwill, A. (2001). Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen? Eine Studie über informatische Fähigkeiten von Kindern. In R. Keil-Slawik (Hrsg.), *Informatikunterricht und Medienbildung*. 1-19.
- Sheehan, R. (2003). Children's perception of computer programming as an aid to designing programming environments. In S. MacFarlane (Hrsg.), *Small users, big ideas. Proceedings of Interaction Design and Children*. (S. 75-83). New York: Association for Computing Machinery.
- Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A. et. al (2017). Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*, 550(7676), 354-359.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp.
- Straube, P., Madany Mamlouk, N., Köster, H., Nordmeier, V., Müller-Birn, C. & Schulte, C. (2013). DoInG - Informatisches Denken und Handeln in der Grundschule. In V. Nordmeier & H. Grötzebach (Hrsg.), *PhyDid B. Didaktik der Physik*. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Jena. Berlin: DPG. Zugriff am 02.08.2018. Verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/download/422/566>.
- Soostmeyer, M. (1998). *Zur Sache im Sachunterricht*. Frankfurt am Main: Peter Lang. (Studien zur Pädagogik der Schule, 14, 3., überarbeitete und erg. Aufl.).
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.). (im Druck). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*.
- Thomas, B. (2013). *Der Sachunterricht und seine Konzeptionen – Historische und aktuelle Entwicklungen*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

- Weigend, M. (2009). Algorithmik in der Grundschule. In B. Koerber (Hrsg.), *Zukunft braucht Herkunft – 25 Jahre "INFOS – Informatik und Schule"*. (S. 97-108). Bonn: Gesellschaft für Informatik (GI-Edition / Proceedings, 156).
- Wiener, N. (1949). *Cybernetics: Control and communication in the animal and the machine*. Technology Press. Wiley & Hermann. New York. Paris.
- Wyeth, P. & Wyeth, G. (2008). Robot Building for Preschoolers. In U. Visser, F. Ribeiro, T. Ohashi & F. Dellaert (Hrsg.), *Robot Soccer World Cup XI* (Lecture Notes in Computer Science, 5001 : Lecture notes in artificial intelligence, 5001). (S. 124-135). Berlin: Springer.

Prof. Dr. Philipp Straube ist seit 2018 Juniorprofessor für Grundschulpädagogik / Sachunterricht und Naturwissenschaften an der Freien Universität Berlin. Nach seinem Lehramtsstudium arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in den Arbeitsgruppen für Didaktik der Physik und Grundschulpädagogik/Sachunterricht der Freien Universität Berlin und wurde 2016 mit einer Arbeit über die Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von Physiklehrantsstudierenden promoviert. Er absolvierte den Vorbereitungsdienst für das Lehramt an integrierten Sekundarschulen und Gymnasien und arbeitete als Lehrer an einem Berliner Gymnasium. Seine Forschungsschwerpunkte liegen u.a. im Bereich Naturwissenschaften, digitale Medien und Informatik im Sachunterricht.

Martin Brämer ist seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Sachunterricht/Grundschulpädagogik an der Freien Universität Berlin. Er schloss zunächst eine Ausbildung zum Heilerziehungspfleger ab und arbeitete an einer Förderschule in Potsdam. Danach absolvierte er ein Studium für das Lehramt an Grundschulen mit dem Schwerpunkt Sachunterricht und Naturwissenschaften. Im Rahmen seines Promotionsprojekts beschäftigt er sich mit der Gestaltung, Implementierung und Evaluation von offenen Lerngelegenheiten zur Förderung des Computational Thinkings (Informatisches Denken) im Sachunterricht. Innerhalb des BMBF geförderten K2Teach Projekts konzipiert und evaluiert er außerdem Lehr-Lern-Labore für Studierende zu den Themen Naturwissenschaft und Informatik/Technik im Sachunterricht.

Prof. Dr. Hilde Köster ist seit 2011 Professorin für Grundschulpädagogik und Sachunterricht an der Freien Universität Berlin. Sie war zunächst als Grundschullehrerin tätig und arbeitete ab 1998 als Wissenschaftliche Mitarbeiterin an den Universitäten Essen, Hildesheim und Münster in den Arbeitsgebieten Grundschulpädagogik, -didaktik, Sachunterricht und Physikdidaktik und promovierte 2006 an der Universität Hildesheim. Rufe führten sie 2007 an die Alice Salomon Hochschule Berlin und 2009 an die Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen bei Bildungsprozessen bei Kindern in den Bereichen Naturwissenschaften, Technik und Informatik; Prozessen des selbstorganisierten und selbstbestimmten Erfahrungsgewinns und Lernens im Vor- und Grundschulalter nach dem Konzept ‚Freies Explorieren und Experimentieren‘ (FEE) und dem des Inquiry based science learning (IBSL).

Prof. Dr. Ralf Romeike ist seit 2018 Professor für Didaktik der Informatik an der Freien Universität Berlin. Von 2013 bis 2018 war er Professor für Didaktik der Informatik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Er war zuvor als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Potsdam und als Informatiklehrer am Gymnasium Hermannswerder sowie als Vertretungsprofessor an der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd tätig. Er ist Sprecher der Fachgruppe für Didaktik der Informatik in der Gesellschaft für Informatik (GI), Leiter des Arbeitskreises Digitalisierung in der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) und Co-Autor der Expertise „Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich“ der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Forschungsschwerpunkte der von ihm geleiteten Computing Education Research Group umfassen neben der Untersuchung der Potenziale und Umsetzungsmöglichkeiten informatischer Bildung in Kindergarten und Grundschule auch Fragen der Vermittlung informatischer Bildung für „alle“, sowie Projekte zur Ausgestaltung des Informatikunterrichts, z. B. mit Agilen Methoden, mit Physical Computing und zur Entwicklung von Data Literacy.