

*Friedrich Gervé, Markus Peschel, Michael Haider,
Inga Gryl, Daniela Schmeinck und Martin Brämer*

Herausforderungen und Zukunftsperspektiven eines Sachunterrichts mit und über Medien

A world of life transformed by digitality demands a changed teaching and a changed education for this innovative teaching. This thesis, which is on the one hand insightful, but on the other hand also fraught with consequences, poses challenges both to the teaching of subject matter with all its actors and to didactics and research in this field. The following article focuses on these challenges and is directed towards future perspectives of learning with and about media in schools, teacher training and research.

1 Einleitung

Digitalisierung und die damit verbundenen Prozesse im Sinne einer *digital literacy* sind als Unterrichtsinhalt inzwischen Gegenstand der Bildung und müssen differenziert sachunterrichtsdidaktisch (vgl. Gervé 2022) rekonstruiert werden. Algorithmen und Künstliche Intelligenz (KI) nehmen immer mehr Einflüsse auf die Lebenswelt der Kinder. Daher sind diese mit Blick auf die Zukunft (vgl. Klafki 1993) auch als Inhalte des Sachunterrichts in den Blick zu nehmen (vgl. auch Haider et al. 2022). Die aus der zunehmenden Digitalisierung resultierende „Kultur der Digitalität“ (Stalder 2016) fordert eine sachunterrichtliche Auseinandersetzung mit den Einflüssen der Digitalisierung auf die Lebens- und Lernwelt von Kindern (vgl. u. a. Irion & Eickelmann 2018, Gervé 2019). Entsprechend steht der Sachunterricht vor der Notwendigkeit, aktuelle Entwicklungen für die Weiterentwicklung von Unterricht aufzugreifen.

Diese Entwicklungen prägen die aktuelle Lebenssituation von Kindern und erzeugen neue Unsicherheiten in einer ohnehin sich verändernden Lebenswelt und damit auch neue Notwendigkeiten der pädagogisch-didaktischen Begleitung. So könnte man durchaus von einem Zeitalter der Ungewissheit sprechen, das sich auf vielfältigen Ebenen (gesellschaftlich, zeitdiagnostisch und pädagogisch) abbildet. Aktuelle Krisen wie die Corona-Pandemie, der Krieg in der Ukraine, der Klimawandel (Fridays for Future) sowie der Umgang mit Informationen stellen den Sachunterricht vor neue Probleme und Herausforderungen. Die Lebenswelt von Kindern ist durch vielfältige Veränderungsprozesse gekennzeichnet, die demokra-

tische bzw. gesellschaftliche Umgangsformen erfordern. Dieser Wandel vollzieht sich insbesondere durch die Einflüsse von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz zunehmend intensiver. Die Kompetenzen und der zu diesen Kompetenzen führende erforderliche Unterricht lässt sich kaum vorhersagen. In Hinblick auf die o. g. Krisen sowie die Möglichkeiten digitaler Manipulation und Informationssteuerung durch Algorithmen muss der Sachunterricht neue Antworten finden.

Der Sachunterricht als Unterrichtsfach der Grundschule und die Didaktik des Sachunterrichts als wissenschaftliche Disziplin müssen sich den zukünftigen Herausforderungen einer sich ständig verändernden Lebenswelt stellen. Doch wie kann Sachunterricht solchen aktuellen und zukünftigen Entwicklungen und Herausforderungen proaktiv und zukunftsaufgeschlossen begegnen? Welche Innovationen des Sachunterrichts und seiner Didaktik sind insbesondere vor dem Hintergrund digitaler Szenarien notwendig?

Grundlegend orientiert sich das Fach am bildenden Erschließen der Welt in doppelter Anschlussfähigkeit. Rekonstruktionen, Konsequenzen, Herausforderungen und Fragen zwischen lebensweltlichem und wissenschaftlichem Kontext sind wesentliche Aspekte dieser Auseinandersetzung im Sachunterricht und seiner wissenschaftlichen Disziplin. Ein zentraler Bestandteil der Orientierung am Kind ist hierbei perspektivenvernetzendes Denken, das im Unterricht sowohl inhaltlich als auch in den Denk- und Handlungsweisen umgesetzt wird (GDSU 2013). Für den Bereich einer Bildung in der digitalen Welt (KMK 2016) bedeutet dies, dass Lernen *mit* und Lernen *über* Medien – in einer doppelten Einbindung als Mittel und als Lerngegenstand – im Fokus der perspektivenvernetzenden Arbeit steht (GDSU 2021). Entsprechend wurde bereits 2013 (GDSU 2013) der Perspektivenvernetzende Themenbereich „Medien“ etabliert, der die Perspektiven des Sachunterrichts vielfältig vernetzt. Im Folgenden sollen Konsequenzen der zunehmenden Digitalisierung vieler Lebens- und Bildungsbereiche für die Didaktik und Praxis des Sachunterrichts skizziert werden.

2 Lernen *mit* und *über* digitale Medien als Element der Welterschließung

Der Sachunterricht verfolgt in Bezug auf die Digitalisierung das grundlegende Ziel, Kinder darin zu unterstützen, ihre durch Digitalisierung (mit)geprägte Welt zu verstehen und mitzugestalten. Das Lernen über Digitalisierung (Kunkel & Peschel 2020; Peschel et al. 2022) thematisiert entsprechende kulturelle und gesellschaftliche Einflüsse, die über die Weiterentwicklungen in und durch Digitalisierung hervorgerufen werden, und es bereitet die Kinder auf einen souveränen und selbstbestimmten Umgang mit dieser neuen Kultur der Digitalität (Stalder 2016) vor.

Dabei geht es im Sachunterricht – weit mehr als in anderen Fächern – nicht nur darum, die Medien als Werkzeuge zu verstehen und mittels dieser Zugänge zu fachlichen Lerninhalten (Lernen *mit* Medien) zu ermöglichen. Vielmehr sind kritisch-reflexive Auseinandersetzungen mit den Chancen, Grenzen, Potenzialen und Gefahren dieser medialen Nutzung bzw. den Einflüssen von Medien im kindlichen Alltag (Lernen *über* Medien) zu thematisieren. In Weiterführung geht es eben weniger „nur“ um die Medien an sich, sondern vielmehr um die Daten, die mit diesen produziert, ausgetauscht, gespeichert, analysiert und verbreitet werden. Letztlich lassen sich aus sachunterrichtlicher Sicht das Lernen *mit* Medien nicht ohne das Lernen *über* Medien und damit Lernen *über* Digitalität in Hinblick auf Kompetenzen in der digitalen Welt (KMK 2016) trennen. Diese digitale Grundbildung (Irion 2016) oder *digital literacy* (Peschel 2022), die damit verbunden ist und erworben wird, betont, dass es nicht mehr darum geht, für eine neue Technik ein neues Gerät oder eine neue App etc. zu qualifizieren, sondern die Schüler*innen als Teil der neuen Digitalität (Irion et al. 2022) zu verstehen, die Digitalisierungsprozesse so weit als integriert versteht, dass sie zu einem nicht mehr wahrnehmbaren Teil des (täglichen) Lebens werden.

Zentrale Aspekte dabei sind erstens das Bewusstsein *über* Daten, Datenströme und Datenmanipulation, *über* Algorithmen sowie den kompetenten Umgang, sowie die erforderlichen Kompetenzen, um diese Digitalität mitgestalten zu können. Praxistauglichkeit bzw. praktische Umsetzung erfährt das Lernen *mit* und *über* Medien bzw. Lernen *in* oder *über* Digitalisierung über konkrete Themen aus der Lebenswelt der Kinder, die für die Durchdringung von allen Teilen der Digitalisierung sensibilisieren. Dabei besteht eine didaktische Zugangs- und Planungsmöglichkeit des Themas nicht darin, konkrete bzw. spezifische Perspektiven zu adressieren, sondern eine sachdidaktische Rekonstruktion mittels vielperspektivischen Zugang über eine übergeordnete Fragestellung (Trevisan 2018) zu ermöglichen. Eine solche übergeordnete Fragestellung bzw. eine Kinder-Sachen-Welten-Frage (KSW-Frage, Peschel et al. 2021) erlaubt einen in allen Perspektiven vernetzten Zugang.

3 Integrierte didaktische und fachdidaktische Fundierung von digitalisiertem Unterricht

Die digitale Transformation im Alltag ist massiv, auch wenn die Entscheidung des Ausmaßes der Teilhabe an Digitalisierung beim Einzelnen zu liegen scheint. Schleichend haben sich alltägliche Praktiken geändert und sind Bestandteil des Welterschließens und des alltäglichen Miteinanders geworden. Stalder (2016) beschreibt unter dem Begriff der „Kultur der Digitalität“, wie wir uns in neuer Weise auf andere beziehen, gemeinsam Inhalte generieren und dabei zugleich durch

Algorithmen beeinflusst werden. Diese Praktiken erfordern Fähigkeiten, um in möglichst kompetenter und mündiger Weise realisiert zu werden. Dem Sachunterricht kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Hierbei geht es im Sinne des oben genannten Lernens „über und mit“ (Gervé & Peschel 2013) sowohl um die Vermittlung (idealerweise nicht nur gegenwarts-, sondern auch zukunftsorientierter) digitalisierungsbezogener Kompetenzen und die Beschäftigung mit dem Lerngegenstand Digitalisierung, als auch um das sachunterrichtliche Lernen gestützt durch Digitalisierung. Nicht nur angesichts neuer Inhalte, sondern auch vor dem Hintergrund geänderter Möglichkeiten braucht die (Fach)Didaktik neue Konzepte, um den Anforderungen einer Kultur der Digitalität entsprechen zu können.

Viele der zu berücksichtigenden Transformationen betreffen nicht allein die Sachunterrichtsdidaktik, sondern jede (Fach)Didaktik. Sachunterricht ist jedoch in seiner Alltagsorientierung stets eng verbunden mit der Vermittlung von Kompetenzen zur Realisierung alltäglicher und nun digital durchdrungener Praktiken wie Welterschließen, Kommunizieren und Partizipieren. Ein typisches Beispiel ist die Schriftsprachlichkeit: Mit pointierten Kurznachrichten und einem dialogischen Prinzip der raschen Reaktion darauf hat sich die Kultur der Übermittlung von schriftlichen Informationen im Alltag gewandelt. Diese Merkmale der Kommunikation können auch für den Sachunterricht interessant sein: Kinder produzieren kürzere Textbeiträge, und das Beziehen aufeinander ist sinnvoll für das soziale Lernen. Zugleich werden sie im Sachunterricht in die Lage versetzt, diese Form der Kommunikation fachlich sinnvoll (Lernen *mit*) und unter Wahrung von Netiquette (Lernen *über*) zu nutzen. Generell ändert sich aber auch die Textproduktion: Längst wird es zur empirisch intensiv betrachteten (Brügelmann 2016), aber auch normativen Frage, in welchem Maße handschriftliche Textproduktion weiterhin sinnvoll ist. Das Schreiben am Computer jedenfalls ermöglicht – abgesehen von der Frage automatischer Rechtschreibkontrolle – eine ganz andere Form des Denkens, des Ergänzens, des Redigierens und des Kollaborierens (Beißwenger & Burokvikhina 2019). Die didaktische Herangehensweise zur Vermittlung von Kompetenzen zum Verfassen von Sachtexten muss sich angesichts dieser Möglichkeiten wandeln – und zugleich ergeben sich Chancen, Textproduktion durch die Freiheitsgrade im Planen von Texten und schreibendem Denken sachgerechter zu gestalten. Medienproduktion wiederum mittels digitaler Medien erfordert einerseits die Vermittlung technischer Kompetenzen und neuer Gestaltungspraktiken, andererseits auch die Thematisierung von – an aktuelle Möglichkeiten, Herausforderungen und Chancen in einer Kultur der Digitalität angepassten – Konzepten wie Öffentlichkeit, Privatsphäre, Partizipation und (Selbst)Darstellung.

Ein digitalisierungsaffiner Sachunterricht ist demnach mehr als die Übertragung analoger Schulbücher auf Tablets oder das Anschauen von Webvideos. Es bedarf zudem – bei aller Technikbegeisterung – selbstverständlich auch immer eines Evaluierens der weiteren Implikationen des Einsatzes von digitalen Medien: So kann

Virtual Reality (VR) z. B. neben Visualisierung durch Immersion auch zu klassischen Übersichtsexkursionen ohne Aktivierung der Kinder führen, was weit hinter den didaktischen Möglichkeiten von realen Exkursionen zurückbleiben würde. So komplex wie digitale Technologien erscheinen - das Lernen der Kinder ist deutlich komplexer. Deswegen muss eine entsprechende Didaktik auch die Grenzen des Einsatzes von Digitalisierung insbesondere für das „Lernen *mit* digitalen Medien“ abschätzen. Diese Grenzen können technologischer Natur sein oder aber auch ökonomischer und datenschutzrechtlicher, wenn z. B. für bestimmte Lernsoftware umfangreiche persönliche Daten der Schüler*innen benötigt werden. Die erforderlichen Kompetenzen der Lehrkraft für einen verantwortungsvollen, sinnvollen, Mehrwerte erkennenden und nutzenden Sachunterricht sind umfangreich. An vielen Stellen müssen didaktische Herangehensweisen auch erst entwickelt und im Transformationsprozess der Digitalisierung immer wieder angepasst werden.

4 Perspektivenvernetzende Medienbildung als Ziel der Lehrkräftebildung

Die bereits angesprochene Veränderung der Lebenswelt bedeutet für modernen Sachunterrichts, dass sich Themen und Inhalte anpassen bzw. verändern müssen. Die Kultusministerkonferenz hat auf diese Notwendigkeit der Adaption und der Veränderungen bereits mehrfach reagiert (2012; 2016; 2021) und verschiedene Kompetenzen auf Schülerseite eingefordert - auch in Hinblick auf die Defizite, wie sie die ICILS-Studie (2018) aufzeigt. Insbesondere die pandemische Situation hat den dringenden Entwicklungsbedarf deutscher Schulen wie in einem Brennglas aufgezeigt (Eickelmann, Drossel & Heldt 2020): Nur 21,8% der Grundschullehrkräfte gab an, dass ihre Schule *vor* der Pandemiezeit im Bereich Digitalisierung hinsichtlich Ausstattung und Ausbildung gut fortgeschritten war (ebd.). Zusätzlich zeigte sich, dass das Vertrauen in die eigene digitale Lehre gering ist. Nur 6,2% halten ihr digitales Angebot für *genauso* effektiv wie ihr analoges, nur 0,8% für effektiver (ebd.). Dabei ist der Fortbildungswille in Deutschland nicht besonders hoch ausgeprägt, was die TIMSS-Studie 2019 z. B. am Fach Mathematik aufzeigt: Nur 8% der Lehrkräfte der 4. Jahrgangsstufe in Deutschland gaben an, innerhalb der letzten zwei Jahre vor der TIMSS 2019-Erhebung an einer Fortbildung zur Integration von Technologien in den Unterricht teilgenommen zu haben; 57% gaben an, dass sie zukünftig gerne eine Fortbildung besuchen wollen. International lag der Mittelwert bei der Teilnahme an Fortbildungen hingegen bei 35% und beim Fortbildungsbedarf bei 72% (Mullis et al. 2020; Schwippert et al. 2020). Gleichzeitig zeigt sich, dass Studierende des Lehramts an Grundschulen zu Beginn des Studiums zwar den Technologien gegenüber aufgeschlossen sind, die eigenen Kompetenzen dagegen jedoch als eher gering einschätzen (Haider & Knoth 2022, eingereicht).

Folgende Fragen sind in diesem Zusammenhang zu klären: Wie ist der Einsatz von digitalen Medien im Sachunterricht sinnvoll zu gestalten? Wie kann man (angehenden) Lehrkräften Strategien zum erfolgreichen Lernen mit digitalen Medien an die Hand geben? In der Professionalisierung der Lehrkräfte muss Digitalisierung in Aus- und Fortbildung einbezogen werden. Die entsprechenden Modelle zur Lehrerprofessionalisierung müssten entsprechend der „digitalen Komponente“ neu justiert bzw. reinterpretiert werden. So thematisiert z. B. das Modell der Lehrerprofessionalität von Baumert und Kunter (2006; 2011) Wissen, Werthaltungen, motivationale Orientierungen und selbstregulative Fähigkeiten als Bestandteile professionellen Lehrerhandelns bislang ohne den spezifisch digitalen Kontext. Hattie (2003; 2009) machte im Rahmen seiner Metastudie deutlich, dass auf die Lehrkraft und ihr Unterricht 30 % eines gelingenden Lernprozesses zurückzuführen ist, wobei die ermittelten „digitalen Komponenten“ eine eher untergeordnete Rolle spielen. Dabei gehen in die Modelle bzw. (Meta) Studien Entwicklungen der letzten Jahre (vgl. u. a. GDSU 2021, GI 2019, GSV 2016) bislang nicht ein.

Für das Unterrichten in der digitalen Welt benötigen Lehrkräfte Kompetenzen, die weit über bisherige ‚Medien-Bedienungs-Kompetenzen‘ hinausgehen und nicht nur Wissen für das Lernen *mit und über Medien* etablieren, sondern medienpädagogisch, mediendidaktisch als auch medienerzieherisch und fachdidaktische Modellierungen (GFD 2018) verschränken. Neuere Modelle (z. B. der Regensburger Medienkompetenzwürfel von Schworm & Haider 2021), das Modell „Mediales Lernen im Sachunterricht“ (Peschel 2016), das „Goldauer Würfelmodell“ (Schrackmann et al. 2008; Mitzlaff 2016), das Modell der Kernkompetenzen (Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern 2017), TPACK (Koehler et al. 2013; Valtonen et al. 2015), DPACK (Huwer et al. 2019), das Modell der Europäischen Kommission (DigiComp Edu 2017, adaptiert von Eichhorn, Müller & Tillmann 2017) versuchen, spezifische Kompetenzen zu identifizieren, die für eine digitale Grundbildung (Irion 2016) bzw. eine *digital literacy* (Peschel 2022) notwendig sind bzw. setzen Kompetenzformulierungen auch normativ.

Für den Sachunterricht müssen diese digitalen Kompetenzen weiter konkretisiert und mit den fachlichen Anforderungen sowie den Kompetenzen einer Sachunterrichtslehrkraft justiert werden. Der Vernetzungsgedanke, der dem Perspektivrahmen Sachunterricht innewohnt, muss auch die Kompetenzen von Lehrkräften adressieren: Fachbezogene Kompetenzen müssen digital gedacht werden - gleichzeitig müssen „digitale Kompetenzen“ fachlich gedacht werden (vgl. GFD 2018; GDSU 2021). Diese Vernetzung unter digitalen Gesichtspunkten – als ein Lernen *über Medien bzw. über Digitalisierung* – ist notwendig, um perspektivenvernetzend im Sinne der Didaktik des Sachunterrichts und im Sinne der „digitalen Bildung“ professionell Lehr- Lernarrangements gestalten zu können.

5 Unterrichtskonzepte – wissenschaftlich evaluiert und in der Praxis erprobt

Digitale Technologien, Online-Materialien und Lernplattformen allein machen noch keinen guten Unterricht (Schmeinck 2020). So hat der „Notfallunterricht“ in Zeiten der Pandemie zwar gezeigt, dass bezüglich des „Digitalen in der Schule“ deutlich mehr möglich ist als zuvor gedacht. Bei detaillierter und kritischer Betrachtung zeigt sich allerdings auch, dass die aktuelle Unterrichtspraxis – trotz der neuen Möglichkeiten – in den meisten Fällen den Anforderungen eines zeitgemäßen Unterrichts nicht gerecht wird (Döbeli Honegger 2020). Das Thema „Digitalisierung und Schule“ hat zwar in den vergangenen Monaten und Jahren einen deutlichen Schub erfahren, im Sinne der pädagogischen oder auch didaktischen Inwertsetzung sind jedoch noch viele Fragen ungeklärt (Schmeinck et al. 2022). Um den Zielen einer pädagogischen und didaktischen Inwertsetzung gerecht werden zu können, kommt es ganz wesentlich auf die pädagogische und didaktische Implementierung durch die Lehrkräfte an (Schmeinck 2020). Für eine lernförderliche und/oder kompetenzfördernde Nutzbarmachung der aktuell zur Verfügung stehenden Technologien müssen diese von den Lehrkräften jeweils zielgerichtet, altersangemessen und unter Berücksichtigung pädagogischer und didaktischer Fragestellungen eingesetzt werden. Daher müssen Lehrkräfte in der Lage sein, zu entscheiden, wann und wo der Einsatz digitaler Medien unterrichtliche Lehr-Lern-Prozesse sinnvoll unterstützen kann. Für eine derartige Weiterentwicklung von Unterricht brauchen Lehrende allerdings auch klar definierte, wissenschaftlich evaluierte und in der Unterrichtspraxis erprobte Unterrichtskonzepte sowie klar definierte Qualitätskriterien- bzw. -standards für guten (Sach)Unterricht (vgl. Kasper et al. 2020).

Es reicht allerdings nicht aus, die Potentiale (digitaler) Medien allein für unterrichtliches Lernen nutzbar zu machen. Lehrkräfte sind gleichzeitig gefordert, die Medienkompetenzen der Kinder im (Sach)Unterricht im Sinne einer kritischen und reflektiert-selbstbestimmten Mediennutzung zu fördern. Dabei besteht die schwierige Aufgabe, auf der einen Seite die Kinder vor (digitalen) Gefahren und Risiken (z. B. Cybermobbing, Fake News, Nudging) zu schützen, sie gleichzeitig aber auch als selbstbestimmte Individuen mit eigenen Interessen wahr und sie in ihrem Bedürfnis nach Partizipation an und in der digitalen Welt ernst zu nehmen. Um diesen Zielen gerecht zu werden brauchen Lehrende einerseits selbst umfassende digitalisierungsbezogene Kompetenzen, andererseits aber auch wissenschaftlich evaluierte und in der Unterrichtspraxis erprobte Unterrichtskonzepte, die es ihnen ermöglichen, die Medienkompetenz der Lernenden (z. B. kritischer Umgang mit Daten, reflexiver Einsatz digitaler Technologien und Medien) im Unterricht angemessen, nachhaltig und im Sinne einer mündigkeitsorientierten Digitalitätsbildung (Gryl 2022) zu fördern.

6 Zukünftige Herausforderungen in Bezug auf Digitalität und Forschung im Rahmen von KI

Um wissenschaftlich begründete Unterrichtskonzepte zu erstellen, bedarf es passender Forschung, die sich zum einen mit bestehenden Unterrichtskonzepten, aber auch mit neuen und aktuell werdenden Themen – wie z. B. algorithmischer Bildung – grundlegend und frühzeitig auseinandersetzt. Eines dieser – für den Unterricht – neu aufkommenden Themen ist das Feld der Algorithmen und der Künstlichen Intelligenz.

Im Rahmen der Forschung zum Sachunterricht finden sich bisher nahezu keine Forschungsbeiträge mit Bezügen zu den (Aus)Wirkungen künstlicher Intelligenz (KI). Exemplarisch kann am Beispiel der Naturwissenschaftsdidaktik aufgezeigt werden, dass Auswirkungen der Einbindungen von KI bereits in der Schule zu finden sind und unterrichtliche Szenarien beeinflussen bzw. unterstützen können. Eine KI von Huang et al. (2011) gab Kindern bspw. inhaltliches individuelles Feedback, welches einen messbaren Lernerfolg auslöste; die Lehrkraft wurde zumindest in dieser Hinsicht durch eine KI ersetzt.

Auch in Bezug auf die Forschung bzw. Hochschuldidaktik existieren bereits ähnliche Ansätze: So versuchten Wulff et al. (2020) eine KI zur Erfassung von Reflexionskompetenz von (Physik)Lehramtsstudierenden zu programmieren. Diese war sowohl in der Lage, Texte der Studierenden in vorgegebene Kategorien einzuordnen (Classifier) als auch Reflexionsthemen aus dem Textmaterial heraus zu erstellen. Der Classifier war hierbei so gut, dass dieser „nun eingesetzt werden [kann], um beispielsweise Studierenden eine Rückmeldung zur Strukturiertheit und Vollständigkeit ihrer Reflexion zu geben.“ (ebd., 51).

Diese Beispiele deuten bislang lediglich an, welche Möglichkeiten für einen zukünftigen Einsatz im Sachunterricht der Grundschule auf uns zukommen könnten. Insbesondere betrifft dies die Ausrichtung von BigData, Learning Analytics und die algorithmische Auswertung der Daten von Grundschüler*innen, um Lernprozesse zu unterstützen.

Betrachtet man die Geschwindigkeit, in der sich Veröffentlichungen allein in den letzten Jahren diesem Thema widmen (z. B. Zawacki-Richter et al. 2019), ist es nur eine Frage der Zeit, bis diese Einflüsse auch in der Grundschule und im Sachunterricht Wirksamkeit erfahren. Neben der – vermutlich vorrangig in Deutschland – geführten Datenschutzdebatte sollte sich die Didaktik des Sachunterrichts daher in Bezug auf die mit einer Kultur der Digitalität einhergehende Thematik der Auswirkungen Künstlicher Intelligenz und den Einflüssen auf Forschung und Unterricht verorten. Denn wenn algorithmische Entscheidungssysteme „gesellschaftlich relevante Auswirkungen [...] [haben], verbunden mit einem Schadenpotenzial für Individuen und/oder die Gesellschaft“ (VZBV 2019, 9), müssen bildungspolitische und fachdidaktische Konsequenzen – möglichst präventiv – erfolgen.

7 Resümee mit offenen Fragen als Kommentar

Entlang der vorangegangenen Kapitel mit den jeweiligen Schwerpunkten wird abschließend versucht, den Stand der Diskussion zu bündeln, zu schärfen und gewissermaßen als Ausblick oder Auftrag offene Fragen zu benennen. Daraus ergeben sich weiterführende Diskussionen, um die Einbeziehung eines Medialen Lernens im Sachunterricht sowie offene Forschungsfragen, die es zu bearbeiten gilt.

7.1 Lernen *mit* (digitalen) Medien und *über* Digitalisierung im Sachunterricht

In Kapitel 2 werden am Beispiel digitaler Medien bzw. zunehmender Digitalität in Schule und Gesellschaft die allgemein großen Herausforderungen beschrieben, die sich für den Sachunterricht aus seinem Anspruch auf Lebensweltorientierung ergeben. Geprägt durch Kulturen und deren Wandel durch eine zunehmende Digitalisierung vieler Lebensbereiche, kann die Lebenswelt als zu bewältigende (problemorientiert) oder zu gestaltende (konstruktiv) alltägliche Lebenspraxis nicht mehr in einfachen Routinen beschrieben werden. Vielmehr – und das wird in Tagen eingangs benannter Krisen überdeutlich – prägen komplexe und globale Zusammenhänge längst unseren Alltag, in vielen Bereichen unbemerkt und doch existenziell.

Die selbstbestimmte (Mit)Gestaltung der Lebenswelt erfordert zumindest eine Ahnung bzw. Anbahnung von Zusammenhängen und Abhängigkeiten. Das Erlernen und Einüben lebenspraktischer Routinen würde bezogen auf die (digitalen) Medien und den Sachunterricht lediglich deren Bedienung und Nutzung zur Bewältigung von Lernaufgaben zu bestimmten Themen bedeuten.

Nötig ist also ein Lernen *über* Digitalisierung bzw. eine kritisch reflektierende Auseinandersetzung mit den Phänomenen einer Kultur der Digitalität. Eine große Aufgabe für den Sachunterricht, versteht doch kaum jemand all die komplexen Zusammenhänge und sieht sich nicht selten den Eigendynamiken digitaler Technik und dem Manipulationspotenzial ausgeliefert – insbesondere seit der größeren Bedeutung von Machine Learning, KI und BigData (s. Kap. 6).

Benötigt wird eine konsequente Problemorientierung als wichtiges Prinzip der Didaktik des Sachunterrichts, die Kinder mit Ihren Lösungen ebenso ernst nimmt, wie die (Fach)Wissenschaften mit ihren Teilantworten.

Offen bleibt, ob bzw. wie es gelingt, dass Kinder tatsächlich die perspektivischen Angebote für vernetzte Antworten auf ihre (Lebens)Fragen nutzen bzw. wie sie dabei von Lehrkräften des Sachunterrichts konkret unterstützt werden können. Wie sollen geeignete Aufgaben und Lernumgebungen mit entsprechenden Medien für solche anspruchsvollen Bildungsprozesse differenziert gestaltet werden? Zu fragen bleibt auch, wie weit die Komplexität, die wir der Lebenswelt der Kinder zuschreiben, tatsächlich im Erfahrungs- und Fragehorizont der Kinder liegt, bzw.

wie sich hier die Heterogenität heutiger Grundschulklassen zeigt und auswirkt. Schließlich ist zwar für den Sachunterricht die wechselseitige Verbindung eines Lernens *mit* und *über* Medien absolut plausibel, doch scheint das Verhältnis von Medienbildung und Lernen *über* Digitalität noch nicht ausreichend bestimmt. Vielleicht aber stoßen wir hier, wie auch mit dem Versuch, „digitale Bildung“ als Begriff zu etablieren, einmal mehr an die Grenzen, Bildung durch die Ausdifferenzierung in „Bindestrich-Bildungen“ (Köhnlein 2013) institutionell handhabbarer zu machen.

7.2 Digitalisierung und ihre fachdidaktische Fundierung

Im Kapitel 3 wurde dargelegt, dass Schule als Teil und Spiegel der Alltagskultur nicht mehr ohne Digitalität gedacht und gestaltet werden kann – dies schließt an die „großen Fragen“ (Kap. 1) an und spricht besonders dem Sachunterricht die Aufgabe zu, eben in und für diese Kultur der Digitalität zu bilden. Der Fokus liegt auf dem Lernen in einer Kultur der Digitalität und den damit verbundenen Implikationen. Sachunterrichtliches Welterschließen kann entsprechend als kommunikativer Prozess beschrieben werden. Kommunikations- und Ausdrucksformen haben sich in einer Kultur der Digitalität verändert, wodurch auch im Sachunterricht anders gestaltet werden muss. So leuchtet ein, dass eine Digitalisierung des Sachunterrichts nicht einfach in der Übertragung von analogen Medien in digitale Formate bedeuten kann, vielmehr müssen die Kriterien für Entwicklung und Einsatz digitaler Medien – über die generell für den Sachunterricht gültigen hinaus – die Spezifika digitalisierter bzw. digital gestützter Wahrnehmung, Gestaltung und Kommunikation sowohl in ihren Chancen wie in ihren Grenzen erfassen. Dabei geht es einerseits um neue Inhalte und Methoden, andererseits um Redefinitionen von vermeintlich sicheren Begriffen wie z. B. „Information“ oder „Wahrheit“. Es bleibt aber zu fragen, ob nicht bestehende Prinzipien und sachunterrichtsdidaktische Rekonstruktionsmethoden mit ihren dynamischen Lebenswelt- (Kind und Gesellschaft) und Wissenschaftsorientierungen bei einer unkritischen bzw. „bequemen“ Unterrichtsplanung nur konsequenter umgesetzt werden müssen. Zu schärfen gilt es ggf. auch, den Bildungsauftrag des Sachunterrichts: Welche Bildung in und für die Kultur der Digitalität als Affirmation ist gewünscht, welche Bildung für eine zukünftige Kultur als Transformation wollen wir Kindern zu ihrer Unterstützung dabei mitgeben? Der pädagogische Charakter dieser Aufgaben macht die enge Vernetzung des Sachunterrichts mit der Grundschulpädagogik deutlich.

7.3 Lehrkompetenzen für die Medienbildung im Sachunterricht

Digitale Medien lassen sich im Sachunterricht *nie* nur als Werkzeuge betrachten, sondern sind immer auch Lerngegenstand im Sinne der „Sache“ selbst. Zu fragen wäre, ob es einen Konsens zwischen Didaktiker*innen und Praktiker*innen gibt,

was einen *sinnvollen* Medieneinsatz im Sachunterricht ausmacht und welche vor allem auch fachlich oder inhaltsbezogenen Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte dafür notwendig sind.

7.4 Digitalisierung und ihre fachdidaktische Fundierung

Der Fokus auf die für die Gestaltung von Lernumgebungen im Sachunterricht notwendigen Kompetenzen der Lehrkräfte macht deutlich, dass es einerseits darum geht, wann welcher Einsatz digitaler Medien zur Arbeit an einer Sache sinnvoll ist und andererseits darum, die Medienkompetenz der Kinder im Sachunterricht im Sinne einer *kritischen* und *reflektiert-selbstbestimmten* Mediennutzung fördern zu können. Wenn gefordert wird, dass eine veränderte Gesellschaft einer veränderten Unterrichtskultur bedarf, so gilt dies insbesondere für den Sachunterricht, dessen Gegenstand eben diese veränderte Lebenswelt ist.

Wie es gelingen kann, über Aus- und Fortbildung Gestaltungshoheit für eine zukunfts offene Bildung zurückzugewinnen, bleibt fragwürdig, erscheint doch die Darstellung notwendiger Aus- und Fortbildungen eher auf ein Ausgleichen von Defiziten in der Anpassung an gegenwärtige oder schon fast vergangene Entwicklungen. Hier könnte bzw. müsste viel grundsätzlicher über eine Professionalisierung in diesem Bereich nachgedacht werden, die wirksamer auf Transformation ausgerichtet ist. Dazu bedarf es einer genaueren Bestimmung der Kriterien für die Abwägungsprozesse zum Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht, wofür Qualitätskriterien nicht nur für die Medien selbst zu definieren sind, sondern in den Kontext entsprechender Unterrichtskonzepte gestellt werden müssen.

7.5 Sachunterricht und Künstliche Intelligenz

Der Blick auf die künstliche Intelligenz als Phänomen der Digitalisierung liefert in erster Linie Fragen nach Konsequenzen für Sachunterricht und sachunterrichts didaktischer Forschung. Damit ist eine nicht nur für den Sachunterricht wichtige Diskussion eröffnet. Dringend zu vertiefen ist im Sinne einer Art Risikofolgenabschätzung, welche Folgen es für die Didaktik als wissenschaftliche Grundlegung der Sachunterrichtspraxis haben könnte, wenn Forschung als Werkzeug, Fundament und Korrektiv zunehmend von einem „Denken in Algorithmen“ bestimmt würde und ob wir das wollten. Unbeantwortet bleibt, welche (Sachunterrichts)Wirklichkeit durch ein zunehmendes „Denken in Algorithmen“ geschaffen wird und wo konkret die geforderten Grenzziehungen liegen. Die notwendige Debatte ist aber eine gesellschaftliche und nicht nur didaktische, zumindest für den Sachunterricht, der sich mit der Lebenswelt von Kindern befasst. Wenn unsere Alltagspraxis mehr und mehr durch Algorithmen und Messbarkeit bestimmt wird und die Algorithmen sich mehr und mehr selbst generieren, so ändert sich der Unterrichtsgegenstand des Sachunterrichts. Mögliche Folgen gilt es zu diskutieren, solange entsprechende Abwägungen noch Einfluss auf unsere

gemeinsame Zukunftsgestaltung haben. Müssen wir nicht angesichts der Herausforderungen für die Zukunft, die sich im Spiegel aktueller Entwicklungen in der Welt wie im Brennglas existenziell zu verschärfen scheinen, Digitalisierung und ihre Implikationen für den Sachunterricht ganz anders diskutieren? Drohende Aufrüstungsspirale und militärisches Denken und Handeln, Abhängigkeiten und Verwundbarkeit durch Rohstoffverteilung, Energiebedarf und digitale Systeme, schwindendes Vertrauen in die Demokratie, mehr als zweifelhaft polarisierende Streit- bzw. Hasskultur über die digitalen Medien, zerstörende ökologische Folgen unseres Lebensstils mit immer dramatischeren Folgen für Ernährung, Gesundheit (Pandemien) und damit den globalen (sozialen) Frieden fordern ein Bildungsverständnis und einen Bildungsauftrag für ein Welt erschließendes Fach wie den Sachunterricht, welche die Kinder stärken für ein Leben in dieser komplexen und herausfordernden Welt.

8 Fazit

Zusammenfassend zeigt sich die Notwendigkeit, das Lernen in einer und über eine Kultur der Digitalität als Aufgabe des Sachunterrichts weiter auszuarbeiten und in Zielen, Inhalten und (medialen) Zugängen zu konkretisieren. Die größte Herausforderung dürfte dem Vernetzungsgedanken des Sachunterrichts folglich darin bestehen, bei der notwendigen sachdidaktischen bzw. sachunterrichtsdi-daktischen Rekonstruktion (Gervé 2022) die Komplexität, die sachlichen Tiefen sowie den Lebensweltbezug zu betrachten bzw. zu bearbeiten. Dies ist eine hochanspruchsvolle Aufgabe, wobei Ansätze dazu in diesem Beitrag skizziert wurden. Sicher aber geht dieser Auftrag des Sachunterrichts über eine klassische Medienbildung (vgl. Kerres 2018; vgl. auch Mitzlaff 2010) hinaus. Es bleiben neben vielen Antworten weiterführende Fragen: Müssen nicht Sachunterricht und Digitalisierung weniger fokussiert auf Medien als vielmehr im Sinne der Perspektivenvernetzung im Sinne eines sach-medialen Lernens und damit verstärkt im Kontext politischer und sozialer Bildung diskutiert werden? Können Medien und ihre Wirkungen ohne naturwissenschaftlich-sozio-technisch Betrachtungen bearbeitet werden? Benötigt es dazu nicht passende und konkrete Unterrichtsinhalte, die ein sachdidaktisches Medienlernen ermöglichen? Wer wählt diese auf welcher Grundlage und welchen Kriterien aus?

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011): Das Kompetenzmodell von COACTIV. In: Kunter, M., Baumert J., Blum W., Klusmann U., Krauss S. & Neubrand M. (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster, 29-53.
- Beißwenger, M. & Burovikhina, V. (2019): Von der Black Box in den Inverted Classroom: Texterschließung kooperativ gestalten mit digitalen Lese- und Annotationswerkzeugen. In: Führer, C. & Führer, F.-M. (Hrsg.): *Dissonanzen in der Deutschlehrerbildung. Theoretische, empirische und hochschuldidaktische Rekonstruktionen und Perspektiven für das Fach Deutsch (Bd. 1, Didaktik der deutschen Sprache und Literatur)*. Münster, 193-222.
- Böttinger, T., Irion, T. & Kammerl, R. (Hrsg.) (2022): *Primat des Pädagogischen in der Digitalen Grundbildung - Gelingensbedingungen für die Professionalisierung von pädagogischen Akteuren*. Münster.
- Brügelmann, H. (2016): Empirische Studien zum Schreiben mit der Hand. In: Bartnitzky, H., Brinkmann, E., Fruhen-Witzke, A., Hecker, U., Kindler, L. & van der Donk, B. (Hrsg.): *Grundschrift. Kinder entwickeln ihre Handschrift*. Frankfurt am Main, 55-69.
- Carretero Gomez, S., Vuorikari, R. & Punie, Y. (2017): DigComp 2.1. The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. Luxembourg. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC106281> [30.11.2022].
- Döbeli Honegger, B. (2020): Erkenntnisse aus dem Notfallfernunterricht. <https://beat.doebe.li/publications/2020-beat-doebeli-honegger-warum-sich-der-notfallfernunterricht-nicht-als-diskussionsgrundlage-eignet.pdf> [30.11.2022].
- Eichhorn, M., Müller, R. & Tillmann, A. (2017): Entwicklung eines Kompetenzrasters zur Erfassung der ‚Digitalen Kompetenz‘ von Hochschullehrenden. In: Igel, C. (Hrsg.): *Bildungsräume. Proceedings der 25. Jahrestagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft (GMW)*, Münster, New York, 209-219.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J. & Labusch, A. (2019): Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe in Deutschland im zweiten internationalen Vergleich. In: Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.): *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster, 113-135.
- Eickelmann, B., Drossel, K. & Heldt, M. (2020): Vorteile digital fortgeschrittener Schulen in der Pandemie-Zeit. Ergebnisse einer repräsentativen Lehrkräftebefragung. In: *Schulmanagement. Fachzeitschrift für Schul- und Unterrichtsentwicklung*, 5 1(3), 28-31.
- Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern (Schultz-Pernice, F., von Kotzebue, L., Franke, U., Ascherl, C., Hirner, C., Neuhaus, B., Ballis, A., Hauck-Thum, U., Aufleger, M., Romeike, R., Frederking, V., Krommer, A., Haider, M., Schworm, S., Kuhbandner, C. & Fischer, F.) (2017): Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *Erziehung + Bildung Zeitschrift für Medienpädagogik*, 61 (4), 65-74.
- Gervé, F. & Peschel, M. (2013): Medien im Sachunterricht. In: Gläser, E. & Schönknecht, G. (Hrsg.): *Sachunterricht in der Grundschule: entwickeln - gestalten - reflektieren*. Frankfurt am Main, 58-77.
- Gervé, F. (2019): Digitalisierung und Bildung im Primarbereich. In: Heider-Lang, J. & Merkert, A. (Hrsg.): *Digitale Transformation in der Bildungslandschaft - den analogen Stecker ziehen? (Bd. 39, Schriftenreihe Managementkonzepte)*. Augsburg, 97-114.
- Gervé, F. (2022): Sachunterricht in der Informationsgesellschaft. In: Becher, A., Blumberg, E., Goll, T., Michalik, K. & Tenberge, C. (Hrsg.): *Sachunterricht in der Informationsgesellschaft (Bd. 32, Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts)*. Bad Heilbrunn, 17-29.

- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2021): *Sachunterricht und Digitalisierung*. Positionspapier.
- Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) (2018): *Fachliche Bildung in der digitalen Welt*. Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik. <http://www.fachdidaktik.org/wp-content/uploads/2018/07/GFD-Positionspapier-Fachliche-Bildung-in-der-digitalen-Welt-2018-FINAL-HP-Version.pdf> [30.11.2022].
- Gesellschaft für Informatik, GI (2019): *Kompetenzen für die informatische Bildung im Primarbereich*. Beilage zu LOG IN, 39 (191/192). https://ddi.uni-wuppertal.de/website/repoLinks/v142_empfehlungen_kompetenzen-primarbereich_2019-01-31.pdf [30.11.2022].
- Gryl, I. (2022 (Im Druck)): *Sich inspirieren, sich exponieren? Kinder in einer Kultur der Digitalität*. In: Irion, T., Peschel, M. & Schmeinck, D. (Hrsg.): *Digitalität und Grundschule*. Herausforderungen, Impulse und Umsetzungsbeispiele. Frankfurt am Main.
- Haider M., Peschel, M. Irion, T., Gryl, I., Schmeinck, D. & Brämer, M. (2022): *Die Veränderung der Lebenswelt der Kinder und ihre Folgen für Sachunterricht, Lehrkräftebildung und sachunterrichtsdidaktische Forschung*. In: Becher, A., Blumberg, E., Goll, T., Michalik, K. & Tenberge, C. (Hrsg.): *Sachunterricht in der Informationsgesellschaft* (Bd. 32, Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts). Bad Heilbrunn, 55-72.
- Haider, M. & Knoth, S. (2022): *“Digitale” Kompetenzen und Technologieakzeptanz bei angehenden Lehrkräften für Grundschulen zu Beginn ihres Lehramtsstudiums*.
- Hattie, J. (2003): *Teachers Make a Difference. What Is the Research Evidence?* Australian Council for Educational Research Annual Conference on Building Teacher Quality. Auckland. [https://cdn.auckland.ac.nz/assets/education/hattie/docs/teachers-make-a-difference-ACER-\(2003\).pdf](https://cdn.auckland.ac.nz/assets/education/hattie/docs/teachers-make-a-difference-ACER-(2003).pdf), 1-17.
- Huang, C.-J., Wang, Y.-W., Huang, T.-H., Chen, Y.-C., Chen, H.-M., & Chang, S.-C. (2011): *Performance evaluation of an online argumentation learning assistance agent*. In: *Computers & Education*, 57(1), 1270–1280.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019): *Von TPaCK zu DPaCK: Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen*. In: *MNU Journal*, 5, 358-364.
- ICILS-2018-Berichtsband Deutschland (Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schauburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J.) (Hrsg.) (2019): *ICILS 2018*. Münster.
- Irion, T. Peschel, M. & Schmeinck D. (2022 (im Druck)): *Grundlegende Bildung in der Digitalität. Was müssen Kinder heute angesichts des digitalen Wandels lernen?* In: Irion, T., Peschel, M. & Schmeinck, D. (Hrsg.): *Digitalität und Grundschule*. Herausforderungen, Impulse und Umsetzungsbeispiele. Frankfurt am Main.
- Irion, T. & Eickelmann, B. (2018): *Digitale Bildung in der Grundschule: 7 Handlungsansätze*. Grundschule, 7, 7-12.
- Irion, T. (2016): *Digitale Medienbildung in der Grundschule. Primarstufenspezifische und medienpädagogische Anforderungen*. In: Peschel, M. & Irion, T. (Hrsg.): *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen - Konzepte - Perspektiven*. Frankfurt am Mai, 16-32.
- Kaspar, K., Bareth, G., Becker-Mrotzek, M., Großschedl, J., Hofhues, S., Hugger, K.-U., Jost, J., Knopp, M., König, J., Rott, B., Schindler, K., Schmeinck, D. & Wiktorin, D. (2020): *Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Lehrkräften im Projekt DiSK*. In: Kasper, K., Becker-Mrotzek, M., Hofhues, S., König, J. & Schmeinck, D. (Hrsg.): *Bildung, Schule, Digitalisierung*. Münster, New York, 388-394.
- Kerres, Michael (2018). *Bildung in der digitalen Welt: Wir haben die Wahl*. In: *denk-doch-mal.de*, Online-Magazin für Arbeit-Bildung-Gesellschaft, Ausgabe 02-18 (Berufliches) Lernen in digitalen Zeiten, 6-13.
- Klafki, W. (1993): *Allgemeinbildung heute - Grundzüge internationaler Erziehung*. In: *Pädagogisches Forum*, 1, 21–28.

- KMK (2012): Medienbildung in der Schule. Beschluss der Kultusministerkonferenz. Berlin.
- KMK (2016): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf [30.11.2022].
- KMK (2021): Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf [30.11.2022].
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013): What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? In: *Journal of Education*, 193 (3), 13-19. <http://www.bu.edu/journalofeducation> [01.12.2022].
- Köhnlein, W. (2013): Forum 20 Jahre GDSU. Hoffnungsvolle Anfänge und bleibende Aufgaben. In: Fischer, H.J., Giest, H. & Pech, D. (Hrsg.): *Der Sachunterricht und seine Didaktik* (Jahresband 23). Bad Heilbrunn, 15-21.
- Kunkel, C. & Peschel, M. (2020): Lernen mit und über Digitale Medien im Sachunterricht. Entwicklung eines vielperspektivischen Konzepts zur Erschließung Digitaler Medien. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie Und Praxis Der Medienbildung*, 17 (Jahrbuch Medienpädagogik), 455-76. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.18.X>.
- Mitzlaff, H. (2010): ICT in der Grundschule und im Sachunterricht. Gestern - heute - morgen - Ein Blick zurück nach vorne. In: Peschel, M. (Hrsg.): *Neue Medien im Sachunterricht. Gestern - Heute - Morgen*. Baltmannsweiler, 7-29.
- Mitzlaff, H. (2016): Medien inklusive - inklusive Mediendidaktik. In: Peschel, M. (Hrsg.): *Mediales Lernen. Beispiele für eine inklusive Mediendidaktik*. Baltmannsweiler, 17-34.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., & Fishbein, B. (2020): TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/> [30.11.2022].
- Peschel, M. (2016): Mediales Lernen. Beispiele für eine inklusive Mediendidaktik. *Kinder.Sachen. Welten - Dimensionen des Sachunterrichts*. 7. Auflage. Baltmannsweiler.
- Peschel, M. (2021). Demokratie und Digitalisierung im Sachunterricht. In T. Simon (Hrsg.): *Demokratie im Sachunterricht – Sachunterricht in der Demokratie. Beiträge zum Verhältnis von Demokratie(lernen) und Sachunterricht(sdidaktik)*. Wiesbaden, 131-145.
- Peschel, M., Fischer, M., Kihm, P., & Liebig, M. (2021): Fragen der Kinder – Fragen der Schule – Fragen an die Sache. Die Kinder-Sachen-Welten-Frage (KSW-Frage) als Element einer neuen Lernkultur im Sinne der didaktischen Inszenierung eines vielperspektivischen Sachunterrichts. In: Peschel, M. (Hrsg.): *Didaktik der Lernkulturen* (Bd. 153, Beiträge zur Reform der Grundschule). Frankfurt am Main, 231-250.
- Peschel, M. (2022): Digital literacy - Medienbildung im Sachunterricht. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., Miller, S., & Wittkowske, S. (Hrsg.): *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. 3. Auflage. Bad Heilbrunn, 188-197.
- Schmeinck, D. (2020): Auf die pädagogische und didaktische Implementierung durch die Lehrkräfte kommt es an. Digitale Technologien, online Materialien und Lernplattformen allein machen noch keinen guten Unterricht. In: *Grundschule aktuell*. Heft 152, 11.
- Schmeinck, D., Irion, T. & Peschel, M. (2022 (im Druck)): Von der Digitalisierung zur Digitalität. Einleitung. In: Irion, T., Peschel, M. & Schmeinck, D. (Hrsg.): *Digitalität und Grundschule. Herausforderungen, Impulse und Umsetzungsbeispiele*. Frankfurt am Main.
- Schrackmann, I., Knüsel, D., Moser, Th., Mitzlaff, H. & Petko, D. (2008): *Computer und Internet in der Primarschule. Theorie und Praxis von ICT im Unterricht mit 20 Videobeispielen auf zwei DVDs*. Oberentfelden.
- Schwippert K., Scholz L. A., Beese C., Kasper D., Schulz-Heidorf K. & Girelli A.-L. (2020): Ziele, Anlage und Durchführung der Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS 2019). In: Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M. &

- Wendt, H. (Hrsg.): Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster, 25-55.
- Schworm, S. & Haider, M. (2021): Digitale Medien und Medienkompetenz in der Grundschule. In: Haider, M. & Knoth, S. (Hrsg.): Digitale Medien im Sachunterricht der Grundschule in Theorie und Praxis. Hamburg, 4-6.
- Stalder, F. (2016): Kultur der Digitalität. Berlin.
- Trevisan, P. (2018): Natur, Mensch, Gesellschaft – ein vielperspektivisches und integratives Fach. In: Trevisan, P., & Helbling, D. (Hrsg.): Nachdenken und vernetzen in Natur, Mensch, Gesellschaft. Studienbuch für den kompetenzorientierten Unterricht im 1. und 2. Zyklus. Bern, 23-55.
- Valtonen, T., Sointu, E. T., Mäkitalo-Siegl, K., & Kukkonen, J. (2015): Developing a TPACK measurement instrument for 21st century pre-service teachers. In: Seminar.net, 11 (2).
- VZBV (2019): „Algorithmenkontrolle. Positionspapier des Verbraucherzentrale Bundesverbands (vzbv)“, Studie der VZBV. https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2019/05/02/19-01-22_zweig_krafft_transparenz_adm-neu.pdf [30.11.2022]
- Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A. & Borowski, A. (2020): Potentiale automatischer Sprachverarbeitung für die Fachdidaktik. In: Habig, S. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019 (GDGP, 40). Universität Duisburg-Essen, 49.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019): Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education-where are the educators? In: International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16 (39), 1-27.