

### **Zum Einsatz von Medien für das Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften**

Gerade die Ausstattung von Schulen mit Medien ist nicht zuletzt aufgrund der Folgen der Pandemie für die Schulen in den Mittelpunkt gesellschaftlicher Debatten geraten. Mit Blick auf die Ausstattung hat die Kultusministerkonferenz (KMK) im Jahr 2016 beschlossen, dass „möglichst bis 2021 jede Schülerin und jeder Schüler jederzeit, wenn es aus pädagogischer Sicht im Unterrichtsverlauf sinnvoll ist, eine digitale Lernumgebung und einen Zugang zum Internet nutzen können sollte“ (KMK, 2016, S. 11). Damit hat die KMK einen Zeitrahmen für die Digitalisierung in der schulischen Bildung vorgegeben und den Trend zur Digitalisierung in der schulischen Bildung eingeleitet. Der Bund stellt den Schulen zur Erreichung des Ziels im Rahmen des Digitalpakts Schule über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt fünf Milliarden Euro zur Verfügung.

Doch gleichzeitig legt die zunehmende Ausstattung der Schulen mit digitaler Technik offen, dass die bloße Ausstattung nicht ausreicht, um das Lehren und Lernen nachhaltig und zielführend zu verbessern. Vielmehr bedarf es geeigneter fachdidaktischer Konzepte. Ihre Entwicklung und Einführung forderte auch die KMK (2016) in ihrer Strategie zur Bildung in der digitalen Welt: „Bei der Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen werden digitale Lernumgebungen entsprechend curricularer Vorgaben dem Primat des Pädagogischen folgend systematisch eingesetzt“ (S. 12). Dabei gilt es zu berücksichtigen jedes Fach „spezifische Zugänge zu den Kompetenzen in der digitalen Welt durch seine Sach- und Handlungszugänge“ (S. 11) beinhaltet. Mittlerweile liegen erste Lehrpläne vor, in denen beispielsweise für das Chemie eine Verknüpfung zwischen dem fachlichen Lernen und dem Einsatz digitaler Medien hergestellt wird. So weist der Kernlehrplan für die Sekundarstufe I des Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen aus, dass Schülerinnen und Schüler „Reaktionen zwischen Metallatomen und Metallionen als Elektronenübertragungsreaktionen deuten und diese auch mithilfe digitaler Animationen und Teilgleichungen erläutern (UF1)“ (MSB, 2019, S. 30) sollen.

Mit Blick auf die Nutzung der Technik gilt es eine begleitende Professionalisierung der Lehrkräfte aufzubauen. Im Bereich der Lehrerbildung ist die Berücksichtigung von entsprechenden Anforderungen und die Definition entsprechender Ziele durch die Standards für die Lehrerbildung etabliert (KMK, 2004 i. d. F. vom 16.05.2019). So sollen angehende Lehrkräfte „mit Medien unter konzeptionellen, didaktischen und praktischen Aspekten“ (S. 5) umgehen. Auch die Erklärung *Medienbildung in der Schule* (KMK, 2012) greift diesen Punkt auf und führt ihn weiter aus: „Lehrkräfte müssen mit den Medien und Medientechnologien kompetent und didaktisch reflektiert umgehen können, sie müssen gleichermaßen in der Lage sein, [...] Medienangebote zu analysieren und umfassend darüber zu reflektieren, gestalterische und kreative Prozesse mit Medien zu unterstützen und mit Schülerinnen und Schülern über Medienwirkungen zu sprechen“ (S. 7). Auf europäischer Ebene wurde der Kompetenzrahmen DigCompEdu (European Union, 2017) vorgeschlagen. Darin werden für unterschiedliche Anforderungssituationen des Schulalltags für Lehrpersonen Kompetenzen definiert, wie beispielsweise die Erhebung des Lernstandes im Standard 4.1: „Digitale Medien für die Lernkontrolle und Leistungsbeurteilung verwenden. Digitale Medien nutzen, um die Vielfalt und die Angemessenheit von Beurteilungsformaten und -ansätzen zu erhöhen.“

(European Union, 2017, o.A.). Curricula für Lehrerbildungsprogramme können auf diesen Vorgaben und Empfehlungen aufbauen und ihrerseits konkrete Kompetenzerwartungen zur Nutzung digitaler Technik zur Erreichung von Bildungszielen im Fachunterricht beschreiben. Vor dem Hintergrund des einleitenden Überblicks zu bildungspolitischen Vorgaben werden im nächsten Abschnitt die schulischen Rahmenbedingungen des Medieneinsatzes basierend auf Befunden aus Untersuchungen zusammenfasst. Außerdem wird anschließend in einem zweiten Abschnitt die Rolle von Medien für die Qualität von Unterricht diskutiert. Abschließend werden Implikationen für die Lehrerbildung abgeleitet, die sich aus den beiden ersten Abschnitten ergeben.

### **Schulische Rahmenbedingungen des Medieneinsatzes**

#### *Perspektiven unterschiedlicher Disziplinen auf Medien*

Wenn Medien im Unterricht eingesetzt werden, dann schauen unterschiedliche Disziplinen mit ganz unterschiedlichen *Brillen* auf diesen Einsatz. Dabei ergänzen sich diese unterschiedlichen Perspektiven auf Medien bzw. Intentionen für ihren Einsatz bei der Planung von Lerngelegenheiten. Mindestens beteiligt sind die Disziplinen Psychologie, Mediendidaktik, Medienpädagogik, Soziologie, Allgemeine Didaktik, Fachdidaktik und Fachwissenschaft. Hier werden sie bewusst getrennt dargestellt, um so die Schwerpunkte der Disziplinen auszuschärfen und gegeneinander abzugrenzen.

Die Psychologie schaut auf Medien unter psychologischen Aspekten, wie z.B. der Wahrnehmung, dem Lernen oder der Informationsverarbeitung (z.B. Ainsworth, 2006; Mayer, 2002). Die Medienpädagogik sieht Medien als Bestandteil der Lebenswelt an und betrachtet sie unter dem Aspekt des Umgangs miteinander und somit stark unter dem Aspekt der Erziehung. Ähnlich ist die Sichtweise der Soziologie, wobei hier stärker die Gesellschaft und weniger das Individuum im Fokus stehen, z.B. wenn es um Technik in der Gesellschaft oder die Teilhabe an der Gesellschaft geht. Die Mediendidaktik befasst sich mit Medien in und für Lernprozesse. Im Kern dieser instrumentellen Sicht auf Medien steht die Frage: Wie können Medien für das Lehren und Lernen zielgerichtet genutzt und methodisch eingebettet werden? (z.B. Kerres, 2007). Die Fachwissenschaft nutzt Medien, um fachliche Probleme zu untersuchen oder zu lösen. Der Einsatz von Medien kann bei der Anwendung bestimmter fachlicher Arbeitsweisen erforderlich sein. Im Kern dieser fachlichen Sicht auf Medien steht die Frage: wie können Medien für das Lösen fachlicher Probleme bzw. bei der Beobachtung fachlicher Phänomene genutzt werden? Medien selbst können Lerngegenstand einer Disziplin oder eines Faches sein im Sinne von domänen- oder fachspezifischen Arbeitsweisen.

In Ergänzung bzw. Abgrenzung zu den anderen Disziplinen und ihren Perspektiven ist es Aufgabe der Fachdidaktik zu klären, welche (medienbezogenen) fachlichen „Bildungsanliegen“ im Fachunterricht auftreten und wie diese mit mediengestützten Lernangeboten adressiert werden können. Damit können fachliche Lernziele (z.B. authentische Wissenschaftsorientierung als ein Bildungsargument) oder Lehr-Lern-Situationen (z.B. computergestützte Diagnose als ein Lernargument) als Begründung für den Medieneinsatz im Fachunterricht herangezogen werden. Medien gelten dabei als Mittler zwischen Gegenstand und Person bzw. zwischen Person und Person (Girwidz, 2015; Nerdel, 2017; Reiners, 2017).

Beim Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen die unterschiedlichen Perspektiven natürlich mit unterschiedlichem Gewicht zum Tragen. Der Medieneinsatz in den naturwissenschaftlichen Fächern findet also nicht losgelöst von der Betrachtung durch andere Disziplinen statt. Zur Ausschärfung der fachdidaktischen Position und dem Verhältnis von

fachlichem Lernen und Medieneinsatz ist eine Abgrenzung aber zwingend notwendig, wie auch nachfolgend deutlich wird.

*Befundlage zu Medienverfügbarkeit und -einsatz*

In den vergangenen 10 Jahren wurde eine Reihe von Befragungen vor allem von Lehrkräften durchgeführt, die vorwiegend die Medienverfügbarkeit in Schulen in den Blick genommen und dabei zunehmend auch die Mediennutzung untersucht haben. Kernbotschaft all dieser Befragungen war die mangelnde Ausstattung von Schulen mit vor allem digitalen Medien und die bis dato unzureichende Nutzung dieser Medien, sofern sie denn verfügbar waren.

*Tab. 1: Eckdaten von ausgewählten Studien zur Medienverfügbarkeit und -nutzung in Deutschland*

<b>Autoren bzw. Herausgeber</b>	<b>Jahr</b>	<b>Name der Studie(n)</b>	<b>Fokus der Studien</b>
Initiative D21	2011	Bildungsstudie: Digitale Medien in der Schule	Ausstattung, Häufigkeit der Nutzung,
	2016	Sonderstudie: Schule digital	Unterstützungsbedarf
BITKOM	2011 & 2014	Digitale Schule – vernetztes Lernen	Ausstattung, Häufigkeit der Nutzung, Fortbildungsbedarf, [Funktion]
forsa	2014	IT an Schulen – Ergebnisse einer Repräsentativbefragung von Lehrern in Deutschland	Ausstattung, Häufigkeit der Nutzung, Vor- und Nachteile der Nutzung digitaler Medien
Bos et al.	2014	ICILS 2013	u. a. Ausstattung, schulische Nutzung, Einstellungen von Lehrkräften
Eickelmann et al.	2019	ICILS 2018	
Deutsche Telekom Stiftung	2015	Länderindikator	Nutzung, Ausstattung, Kompetenzen von Lehrkräften,
Bos et al.	2016		Lernaktivitäten (MINT-Fächer)
Lorenz et al.	2017		

Ein Beispiel ist die International Computer and Information Literacy Study (ICILS), in deren Rahmen u.a. die befragten Lehrkräfte die schulische IT-Ausstattung einschätzen sollten (Eickelmann, Gerick, Labusch & Vennemann, 2019). Weniger als die Hälfte der befragten deutschen Lehrkräfte hält die IT-Ausstattung für ausreichend. Ähnlich ist die Einschätzung des Stands der Technik und der Qualität der Internetanbindung. Besonders auffällig ist, dass laut eigener Auskunft nur weniger als ein Drittel ausreichenden Zugang zu digitalen Lernmaterialien hat. Im internationalen Mittel liegen die Einschätzungen für die vier hier herausgegriffenen Punkte bei um die 60 % und damit deutlich höher als für die deutsche Teilstichprobe. International Schlusslicht sind deutsche Lehrkräfte bezüglich der Ausstattung mit eigenen tragbaren digitalen Endgeräten durch die Schule oder den Schulträger

(Eickelmann et al., 2019). Von den befragten deutschen Lehrkräften gaben nur 3,2 % an, über ein eigenes, dienstlich bereitgestelltes Endgerät zu verfügen. In Dänemark sind es hingegen über 90 %. Dies könnte sich zeitnah ändern, da sich erste Bundesländer dazu entschlossen haben, alle Lehrerinnen und Lehrer mit digitalen Endgeräten auszustatten (Schulministerium NRW, 2020). Bisher galt jedenfalls, dass die Ergebnisse des Bildungsmonitorings des Länderindikators für die technische Ausstattung der Schulen einen klaren Nachholbedarf aufzeigten (Lorenz & Endberg, 2017, Eickelmann et al., 2019). Überraschend ist, dass MINT-Lehrkräfte in den MINT-Fachräumen keine bessere Ausstattung vorfinden als Lehrpersonen anderer Fächer in anderen (Fach-)Räumen (Lorenz & Endberg, 2017).

Wenn Lehrkräfte die Ausstattung von Schulen mit digitaler Technik im internationalen Vergleich als schlecht einschätzen, dann überrascht es nicht, dass sie im internationalen Vergleich auch Schlusslicht bei der Nutzung sind (Drossel, Eickelmann, Schaumburg & Labusch, 2019). Nur knapp ein Viertel der befragten deutschen Lehrkräfte gab in ICILS 2018 an, digitale Medien täglich im Unterricht zu verwenden, während ein weiteres Viertel digitale Medien nach Selbstauskunft nur einmal im Monat nutzt. Zum Vergleich: In Dänemark nutzen fast drei Viertel der befragten Lehrkräfte digitalen Medien jeden Tag im Unterricht.

Aus fachdidaktischer Perspektive entscheidend ist die Frage nach der Funktion der Nutzung. Bezüglich dieses Forschungsgegenstandes gibt es bisher nur wenige Befunde. Im Rahmen des Länderindikators wurden konkrete Funktionen erfasst; so z.B. der Anteile der Lehrpersonen, die angeben, dass die Schülerinnen und Schüler digitale Medien zu Anwendungen der Datenerfassung und -bearbeitung nutzen. Insgesamt sind dies gut ein Fünftel der befragten deutschen Lehrkräfte. Auffallend sind hohe regionale Unterschiede zwischen den Bundesländern. Hier schwanken die Anteile zwischen ca. 15 % und ca. 25 %. Kramer et al. (2019) konnten für den Biologieunterricht ebenfalls feststellen, dass diese Funktion aus zeitlicher Sicht eine hohe Bedeutung hat. In  $N = 74$  untersuchten Unterrichtsvideos aus dem Biologieunterricht wurden im Mittel 13 Minuten lang digitale Medien für das Messen und Rechnen genutzt. Offensichtlich wird für diese naturwissenschaftliche Arbeitsweise zunehmend ein digitales Medium eingesetzt.

Mit Blick auf die Nutzung von Medien im MINT-Unterricht resümieren die Autoren des Länderindikators, dass das Potenzial an verfügbaren Medien nicht ausgeschöpft wird: „Allerdings zeigen die Ergebnisse insbesondere in Bezug auf die Nutzung der didaktischen Potenziale, dass in allen Bundesländern noch Entwicklungsbedarfe auszumachen sind, die ggf. durch die KMK-Strategie zielgerichtet und nachhaltig aufgearbeitet werden können [...]“ (Eickelmann, Lorenz & Endberg, 2017, S. 257).

### **Ziele dieses Beitrags**

Ein stärkerer Fokus auf die Nutzung von Medien und insbesondere auf die Funktion der Nutzung erscheint in der Auseinandersetzung mit Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht vor diesem Hintergrund logisch und dringend erforderlich. Das erste Ziel des Beitrags ist daher eine Betrachtung des Medieneinsatzes im Fach unter Gesichtspunkten der Unterrichtsqualität. Dazu wird eine theoretische Beschreibung des Medieneinsatzes aus fachdidaktischer Perspektive in Form einer Heuristik dargelegt. Das zweite Ziel des Beitrags ist die Vorstellung ausgewählter Befunde einer (online) Befragung von Lehrkräften der Naturwissenschaften zum Medieneinsatz in ihrem Unterricht und die Ableitung von Perspektiven für die Lehrerbildung aus den berichteten Befunden. Beide Ziele werden nachfolgend jeweils in einem eigenen Abschnitt adressiert.

### **Unterrichtsqualität: Beschreibung des Medieneinsatzes im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Der Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht ist im Gesamtzusammenhang des Unterrichtsgeschehen zu sehen und damit als ein Element des Angebots-Nutzungs-Modells von Unterricht. Entsprechend der obigen Darstellung zu den Perspektiven unterschiedlicher Disziplinen auf den Medieneinsatz lassen sich in solch einem Modell Medien und ihre Funktionen an unterschiedlichen Stellen verorten. Überraschend ist, dass Medien und ihre Nutzung bisher nicht systematisch in einem Angebots-Nutzungs-Modell aufgenommen wurden. Dabei kann ihr Einfluss auf die Qualität von Lerngelegenheiten gerade auch in den naturwissenschaftlichen Fächern als belegt angesehen werden.

Um eine fachspezifische Beschreibung und Begründung des Medieneinsatzes im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen, wurde im Rahmen des Projekts „Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“ (MiU) eine Heuristik theoriebasiert hergeleitet (Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ostermann, Ropohl & Schwanewedel, 2018). Das Ziel der Heuristik ist die Fokussierung der Passung zwischen Medium, Lernziel und Lernprozess aus fachlicher Sicht. Die Voraussetzung für die Analyse der Passung ist eine differenzierte Analyse des Lernziels und des Potenzials des Mediums. Dabei geht die Heuristik von zwei Grundannahmen aus: 1) zum einen unterscheidet die Heuristik zwischen dem Medium und dem Medieneinsatz; 2) zum anderen unterscheidet sie zwischen Oberflächenstrukturmerkmalen und Tiefenstrukturmerkmalen. Aus diesen zwei Grundannahmen ergeben sich somit vier Betrachtungsbereiche: A) ein Medium kann anhand seiner Oberflächenstrukturmerkmale beschrieben werden; B) der Medieneinsatz kann ebenfalls anhand seiner Oberflächenstrukturmerkmale beschrieben werden; C) das Potenzial eines Mediums kann anhand seiner Tiefenstrukturmerkmale betrachtet werden; und D) das Potenzial des Medieneinsatzes kann ebenfalls anhand seiner Tiefenstrukturmerkmale betrachtet werden. Die unterschiedlichen Betrachtungsbereiche werden nachfolgend anhand eines Beispiels erläutert:

Im Unterricht wird eine abgeschlossene Apparatur aufgebaut, in der ein Teelicht steht und in der zwei digitale Sensoren zur Messung des Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidanteils in der Luft eingebaut sind. Die Kerze wird entzündet, die Apparatur verschlossen und die Anteile der beiden Gase in der Luft gemessen. Während des Brennvorgangs können die Konzentrationen der Gase sowie ihre Veränderung über einen Bildschirm verfolgt werden.

Die erste Aufgabe für die Schüler ist, das Demonstrationsexperiment zu beobachten und die Situation nach dem Erlöschen der Kerze zu beschreiben. Die Schüler können beobachten, dass die Kerzenflamme erlischt, wenn der Anteil des Sauerstoffs in der Luft bei 18 % liegt. Diese Beobachtung steht im Widerspruch zu der Annahme der meisten Schülerinnen und Schüler, dass die Kerzenflamme erst bei einem kompletten „Verbrauch“ des Sauerstoffs ausgeht. Die zweite Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler sind die Entwicklung von Fragestellungen anhand der Beobachtungen und das Aufstellen von Hypothesen zu euren Beobachtungen auf. Mögliche Fragen könnten wie folgt lauten:

- Warum brennt die Kerze nicht, wenn der Sauerstoffanteil in der Luft bei 18 % oder darunter liegt?
- Kann etwas in der Luft brennen, wenn der Anteil des Sauerstoffs unter 18 % sinkt?
- Welche Faktoren beeinflussen die Messung der Daten?

Welche Funktion kommt nun der digitalen Technik in dieser Einstiegsphase in eine Lerngelegenheit und damit im fachlichen Lernprozess zu? Zunächst werden die Veränderungen bezüglich der Sauerstoff- und der Kohlenstoffdioxidkonzentration auf der

Teilchenebene für jeden Lernenden erfahrbar, da die Konzentrationsänderung in ppm über die Zeit in einem Diagramm synchron zum Experiment durchgeführt wird. Die Schülerinnen und Schüler können wahrnehmen, dass die Zahl der Kohlenstoffdioxidmoleküle zunimmt und die der Sauerstoffmoleküle abnimmt. Eine weitere Funktion ist die dadurch ermöglichte direkte Anknüpfung an Schülervorstellungen bzw. deren Widerlegung. Durch die gleichzeitige Betrachtung der makroskopischen und der submikroskopischen Repräsentationsebene wird ein kognitiver Konflikt ausgelöst. Nicht zuletzt regen das Experiment und insbesondere die Nutzung der digitalen Technik zu weiterführenden Fragestellungen und entsprechenden Hypothesen an. Eine Zusammenfassung der Anwendung der Heuristik auf das Beispiel gibt Tabelle 2.

*Tab. 2: Anwendung der Heuristik zum Einsatz von Medium im naturwissenschaftlichen Unterricht auf ein Beispiel*

	<b>Eigenschaft des Mediums (Was?)</b>	<b>Eigenschaft des Medieneinsatzes (Wie?)</b>
<b>Oberflächen- struktur- merkmale</b>	Eingesetzt werden digitale Sensoren in Kombination mit einer Software für die synchrone und dynamische Datendarstellung.	Die Bedienung der digitalen Medien erfolgt in dem Demonstrationsexperiment durch die Lehrkraft, könnte aber auch durch Lernende erfolgen.
<b>Tiefenstruktur- merkmale</b>	- Reflexion von Schülervorstellungen - Datenaufbereitung als fachliche Arbeitsweise - Beschreibung und ggf. Erklärung eines naturwissenschaftlichen Phänomens	Zunächst dient das Medium hier der Sichtbarmachung des Unsichtbaren, der Anzahl der Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidmoleküle. Des Weiteren folgt das Medium dem Auslagerungsprinzip, da die Datenerhebung und -darstellung automatisiert sind. Mit Blick auf den weiteren Lernprozess ist eine weitere Funktion, dass durch den Einsatz des Mediums weiterführende Fragestellungen angeregt werden.

Das Beispiel zeigt auf, wie sich der Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht begründen lässt. Entscheidend ist die Funktion des Mediums für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler. Weitere beispielhafte Funktionen des Medieneinsatzes auf der Tiefenstrukturebene sind die nachfolgenden:

- sich wiederholende, aufwändige Routinetätigkeiten lassen sich auslagern (z. B. Ausrechnen abgeleiteter Größen beim Experimentieren),
- herausfordernde Tätigkeiten können an Software abgegeben werden, wenn diese nicht Teil des Lernziels sind (z. B. Erstellen eines Diagramms),
- komplexere Lösungswege können ausprobiert werden (z. B. Berücksichtigung von Messfehlern und Fehlerfortpflanzung als optionale Aufgabe), und
- mehrere Repräsentationsebenen können miteinander verbunden werden (z. B. Simulation, Text und Realexperiment).

Bei der Zuschreibung von Funktionen ist zwischen einem Medieneinsatz zu unterscheiden, bei dem das Medium selbst Lerngegenstand ist (z.B. bei der Nutzung von Medien für konkrete wissenschaftliche Arbeitsweisen wie das Modellieren), oder bei dem das Medium Mittel zum Zweck ist (z.B. beim Aufbau neuen Fachwissens).

### **Lehrerbildung: (online) Befragung von Lehrkräften der Naturwissenschaften zum Medieneinsatz in ihrem Unterricht**

Zum zweiten Ziel des Beitrags, der Untersuchung des Medieneinsatzes durch Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht, leitet folgendes Zitat über:

*„...we need to know how teachers [...] give meaning to and use technologies, in teaching and learning, what their motives and expectations are, which routines they develop and how technologies direct their utilization.“*

(Voogt, Fisser, Tondeur & van Braack, 2016, S. 46)

Dieses Zitat gibt ein Desiderat mit Blick auf den Medieneinsatz im Unterricht und den ihm zugeschriebenen Funktionen wieder. An diesem Desiderat knüpft eine Untersuchung der Nutzung von Medien sowie der dem Medieneinsatz zugeschriebenen Funktionen in der Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts an (Härtig, Ostermann, Ropohl, Schwanewedel, Kampschulte & Lindmeier, eingereicht; Ostermann, Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ropohl & Schwanewedel, 2018). Diese wird nachfolgend auszugsweise vorgestellt.

#### *Ziel und Forschungsfragen der Befragung*

Ziel der Befragung ist die Untersuchung der Medienverfügbarkeit und Mediennutzung für bzw. durch Lehrkräfte der Naturwissenschaften. Dabei interessierte vor allem die Funktion des Medieneinsatzes für Lernprozesse mit Blick auf fachliche Bildungsziele. Nachfolgend werden Befunde zu den drei Forschungsfragen berichtet:

FF1: Inwiefern sind bestimmte Medien an Schulen in den drei Naturwissenschaften verfügbar und wie zufrieden sind die Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer mit dieser Ausstattung?

FF2: Zu welchen Anteilen werden drei ausgewählte Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt?

FF3: Welche Funktionen schreiben die befragten Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer dem Einsatz der drei ausgewählten Medien zu?

#### *Methodik der Untersuchung*

Die Lehrkräfte wurden mit einer schriftlichen Fragenbogenerhebung befragt, die sowohl postalisch als auch online durchgeführt wurde. Dazu wurden zum einen Anschreiben an Schulen verschickt und zum anderen Lehrkräfte auf Tagungen direkt angesprochen. Die Stichprobenrekrutierung erfolgte zwischen April 2017 und September 2018. Insgesamt konnten  $N = 189$  Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer rekrutiert werden (vgl. Tabelle 3).

*Tab. 3: Ausgewählte Merkmale der rekrutierten Stichprobe*

	Häufigkeit	Bundesland			Berufserfahrung [Jahre]			
		NRW	SH	Andere	0-5	6-10	11-20	>20
<b>Biologie</b>	53	27	12	14	14	12	15	12
<b>Chemie</b>	54	33	14	7	10	14	15	15
<b>Physik</b>	82	32	12	38	13	21	20	28
<b>Gesamt</b>	189	92	38	59	37	47	50	55

Der Fragebogen besteht aus einem allgemeinen und aus einem fachbezogenen Teil. Im allgemeinen Fragebogenteil wurden die Lehrkräfte zu ihrem beruflichen Hintergrund wie Lehrtätigkeit, Berufserfahrung und Bundesland befragt. Außerdem wurden ihre Einstellungen zu Medien und zum Medieneinsatz generell erhoben. Der fachspezifische Teil steht für die Fächer Biologie, Chemie, Physik zur Verfügung. Ein mehrfaches Ausfüllen durch eine Lehrkraft war möglich, wenn die Testperson mehr als ein naturwissenschaftliches Fach unterrichtet (z.B. Chemie und Physik). Die Lehrkräfte sollten für ihren Fachunterricht die Verfügbarkeit und Nutzungshäufigkeit von Medien einschätzen (vgl. Abbildung 1). Chemielehrkräfte wurden beispielsweise zum Medieneinsatz im Chemieunterricht, zu Modellen und Modellexperimenten im Chemieunterricht, zu virtuellen Lernumgebungen im Chemieunterricht sowie zu Desktop-Computern und Mobile-Computern im Chemieunterricht befragt. Die Skalen zu den Einschätzungen sind nicht normalverteilt. Daher wurden für die Analyse differentieller Effekte nicht-parametrische Verfahren angewendet.

1. Für die Gestaltung von Chemieunterricht in der 8. und 9. Jahrgangsstufe können unterschiedliche Medien eingesetzt werden. Bitte geben Sie für die nachfolgend genannten Medien die von Ihnen geschätzte Nutzungsdauer für Ihren Chemieunterricht an. Stellen Sie sich dabei eine typische, von Ihnen geplante Unterrichtseinheit zum Thema Säuren und Basen vor. **Schätzen Sie ab**, wie lange Sie in Ihrem Chemieunterricht das jeweilige Medium nutzen, wenn Sie ein Inhaltsgebiet über vier Wochen hinweg unterrichten (zwei Unterrichtsstunden pro Woche, 360 Minuten in vier Wochen).

*Bitte geben Sie die **geschätzte Zeit** in Minuten in der folgenden Tabelle an. Sie haben die Möglichkeit, weitere Medien zu ergänzen.*

Von den ca. 360 Minuten einer durchschnittlichen Unterrichtseinheit nutzen die Schülerinnen und Schüler ...

ein gegenständliches Modell	ca. _____ Minuten.
eine virtuelle Lernumgebung	ca. _____ Minuten.
ein reales Experiment	ca. _____ Minuten.
ein Smartphone	ca. _____ Minuten.

...

*Abb. 1: Beispielhafter Ausschnitt aus dem Fragebogen zur Erhebung des Medieneinsatzes*

#### *Ausgewählte Ergebnisse der Befragung*

Mit Blick auf die erste Forschungsfrage zeigt sich, dass bei der Verfügbarkeit Fachspezifika nur für digitale Technik im Bereich Hardware (zwischen Biologie & Chemie) sowie für virtuelle Lernumgebungen (zwischen Physik und beiden anderen Fächern) auftreten (vgl. Tabelle 4). Es wird zudem deutlich, dass gegenständliche Modelle als Sammlungsgegenstand der Lehrkraft zur Verfügung stehen; darüber hinaus ist die Hardware insbesondere nicht immer für alle Lernenden verfügbar. Diese Beobachtung dürfte mit der Beobachtung zusammenhängen, dass auch virtuelle Lernumgebungen kaum verfügbar sind. Für die Zufriedenheit lässt sich zusammenfassen, dass es kaum fachspezifische Befunde gibt und die Lehrkräfte mit der analogen Ausstattung eher zufriedener sind, als mit der digitalen.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die Lehrkräfte gebeten anzugeben, welches Medium von ihnen im Unterricht wie lange genutzt wird. Untersucht werden soll in einem Vergleich die relative Nutzung der Medien. Zur Beantwortung der Frage wurde

zunächst die Mediennutzungszeit je Person normiert, um auf der Basis der normierten Zeit je Lehrkraft anschließend über die Lehrkräfte hinweg eine mittlere Nutzung eines bestimmten Mediums angeben zu können. Anhand der sich ergebenden normierten und gemittelten Nutzungszeiten kann der Anteil eines Mediums im Vergleich zu allen Medien verglichen werden. Diese Anteile beziehen sich je Lehrkraft ausdrücklich nur auf die Zeit, in der diese Lehrkraft die hier abgefragten Medien nutzt. Insgesamt muss festgehalten werden, dass es sehr große Unterschiede zwischen einzelnen Lehrkräften gibt, die zu sehr hohen Standardabweichungen führen. Dies zeigt sich sowohl für die gesamte Mediennutzungszeit als auch für die Verhältnisse der einzelnen Medien zueinander. Diese Unterschiede zwischen den Personen eines Fachs übertreffen auch die Unterschiede zwischen den Fächern. Dies ist insofern wichtig, als dass zusätzlich ein Vergleich der Fächer fachspezifische Mediennutzungsmuster aufdecken soll (vgl. Tabelle 5). Erwartungskonform zeigt sich, dass gegenständliche Modelle im Biologieunterricht länger eingesetzt werden, als in den beiden anderen Fächern. Der zeitliche Anteil von Experimenten fällt zwischen allen Fächern unterschiedlich aus, anteilig ist die Rolle im Chemieunterricht am größten. Auffallend sind auch die Unterschiede in den Nutzungszeiten der interaktiven Tafel.

Tab. 4: Verfügbarkeit zweier Medien in den drei naturwissenschaftlichen Fächern

	Modelle & Modellexperimente [% je Fach und Kategorie]					virtuelle Lernumgebung <sup>1,2</sup> [% je Fach und Kategorie]				
	für alle Lernenden immer verfügbar	bei Bedarf als mobiler Klassensatz verfügbar	bei Bedarf im Fachraum verfügbar	bei Bedarf einzelne verfügbar	nicht verfügbar	für alle Lernenden immer verfügbar	bei Bedarf als mobiler Klassensatz verfügbar	bei Bedarf im Fachraum verfügbar	bei Bedarf einzelne verfügbar	nicht verfügbar
<b>Biologie</b>	7,5	3,8	20,8	67,9	0,0	1,9	9,4	30,2	3,8	47,2
<b>Chemie</b>	11,3	3,8	30,2	50,9	3,8	3,9	13,7	29,4	17,6	35,3
<b>Physik</b>	9,9	1,2	33,3	51,9	3,7	8,9	12,7	55,7	7,6	15,2

Hinweis: <sup>1</sup> sign. zwischen Biologie & Physik; <sup>2</sup> sign. zwischen Chemie & Physik

Tab. 5: Anteil einzelner Medien an der Gesamtnutzungszeit

	Mediennutzung in den drei Fächern [Prozent der Gesamtmediennutzungszeit gemittelt über die Personen]						
	gegen- ständliches Modell <sup>1,2</sup>	reales Experi- ment <sup>1,2,3</sup>	Tablet-PC	Notebook	Computer/ Desktop- PC	interaktive Tafel <sup>1,2</sup>	virtuelle Lern- umgebung
<b>Biologie</b>	16,3	21,1	2,3	6,0	7,2	4,1	3,5
<b>Chemie</b>	7,2	40,5	2,3	4,6	5,0	10,6	3,7
<b>Physik</b>	9,9	32,3	2,4	2,8	8,2	13,7	4,7

Hinweis: <sup>1</sup> sign. zwischen Biologie & Chemie; <sup>2</sup> sign. zwischen Biologie & Physik; <sup>3</sup> sign. zwischen Chemie & Physik

Um die dritte Forschungsfrage zu beantworten, wurden die Lehrkräfte für die drei ausgewählten Medien – gegenständliches Modell, Computer/Desktop-PC und virtuelle Lernumgebung – wieder mit Blick auf den Unterricht in einer Klasse gefragt, mit welchen Zielen sie von ihnen genutzt werden. Hierfür wurde eine vierstufige Skala mit den folgenden Kategorien eingesetzt: (1) in keiner oder fast keiner Unterrichtsstunde, (2) in weniger als der Hälfte der Unterrichtsstunden, (3) in mindestens der Hälfte der Unterrichtsstunden, (4) in jeder oder fast jeder Unterrichtsstunde. Bei der Betrachtung der Rohdaten zeigt sich für manche Funktionen innerhalb einer Fachgruppe eine deutliche Schiefe in der Verteilung. Aus diesem Grund werden ausschließlich Mediane berichtet und non-parametrische Verfahren gerechnet. Es muss ferner betont werden, dass aufgrund der sehr niedrigen Anteile digitaler Medien an den Gesamtnutzungszeiten (vgl. Tabelle 5) ein Blick nur auf die gegenständlichen Modelle aussagekräftig ist, für die sich auch – durchaus erwartbare – Fachspezifika zeigen. Eine fachdidaktische Interpretation der Muster ist zum Beispiel, dass gegenständliche, nicht prozesshafte Modelle in der Physik kaum genutzt werden (in Biologie ein Modell der Haut, in Chemie ein Modell eines Moleküls), daher werden in der Physik Modelle auch häufiger herangezogen, um „reale“ Experimente durchzuführen und Daten zu erheben, eine reine Beschreibung kommt seltener vor.

#### *Limitationen der Befragung*

Die (online) Befragung unterliegt Limitationen. Zunächst ist hervorzuheben, dass die Teilnahme für die befragten freiwillig war. Es handelt sich um eine Gelegenheitsstichprobe in der Variante Selbstselektionsstichprobe. Es ist davon auszugehen, dass für das Thema der Befragung weniger motivierte Personen von einer Teilnahme eher abgesehen haben. Dies kann dazu führen, dass die Nutzungshäufigkeit von Medien überschätzt wird. Schwerpunkte der Rekrutierung waren die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein. Eine Generalisierung mit Blick auf das gesamte Bundesgebiet ist daher nicht möglich. Des Weiteren wurden in der Befragung aus Gründen der Vergleichbarkeit drei beispielhafte Medien ausgewählt. Die Kriterien für die Auswahl waren, dass sowohl analoge und digitale wie auch eher geläufige und weniger geläufige aufgegriffen werden. Durch diese Engführung der Befragung können ggf. intensivere Erfahrungen der Lehrkräfte mit der Nutzung anderer Medien nicht erfasst werden. Da der Zeitpunkt der Befragung vor der Umsetzung des vom Bund angestoßenen DigitalPakts Schule zur Ausstattung von Schulen mit digitaler Technik liegt, ist die Aktualität der Ergebnisse ggf. eingeschränkt.

#### *Fazit*

Die Befunde der Befragung lassen sich mit Blick auf die drei Forschungsfragen zu drei knappen Antworten zusammenfassen. Die erste Frage nach den an Schulen in den Naturwissenschaften verfügbaren Medien lässt sich wie folgt beantworten: Die Angaben aus der Befragung deuten allenfalls auf eine Grundausrüstung mit digitalen Medien hin, wohingegen die Ausstattung mit analogen Medien deutlich umfassender ist. Die Antwort auf die daran anschließende Frage nach der Nutzung der verfügbaren Medien lautet: Es zeigen sich insbesondere sehr geringe Nutzungszeiten für digitale Medien im Vergleich zu analogen Medien. Wiederum anknüpfend an die beiden ersten Fragen interessierte, welche Funktionen Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer dem Medieneinsatz bezogen auf exemplarische Medien zuschreiben. Es zeigen sich fachspezifische Nutzungsmuster und Funktionen beim Medieneinsatz und insgesamt ein breites Spektrum an möglichen Funktionen.

### **Gesamtfazit zum Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht**

In diesem Beitrag lag ein Fokus auf der Verknüpfung des Medieneinsatzes im Unterricht mit der Perspektive der Unterrichtsqualität. Um diese Verknüpfung zukünftig zu stärken, wurde eine Heuristik dargelegt, die den Medieneinsatz aus fachdidaktischer Sicht nach Betrachtungsaspekten der Oberflächen- und Tiefenstruktur von Unterricht gliedert. Basierend auf dieser Heuristik und der damit verbundenen Stärkung der fachdidaktischen Perspektive der Unterrichtsqualität bedarf es geeigneter Modelle und erprobter Beispiele für gelungenen (lernförderlichen) Einsatz (digitaler) Medien im Sinne einer Methode. Die Heuristik kann hier helfen den Fokus dieser Beispiele auf den fachlichen Lernprozess zu legen und dabei diesen Prozess mit Hilfe digitaler Medien möglichst wirksam zu gestalten. Ein zweiter weiterführender Punkt sind darauf aufbauende fachübergreifende oder fächerintegrierte Überlegungen, wie Schülerinnen und Schülern der Umgang mit (digitalen) Medien vermittelt werden kann, die sie für fachliche Lernprozesse nutzen.

Das zweite Ziel des Vortrags ist die Stärkung der Perspektive der Lehrerbildung. Zu diesem Zweck wurden Befunde einer (online) Befragung von Lehrkräften der Naturwissenschaften zum Medieneinsatz in ihrem Unterricht vorgestellt. Ein zentraler Befund ist der eher seltene Einsatz digitaler Medien. Um hier (angehende) Lehrkräfte zu professionalisieren, müssen Lehrkräfte in allen Phasen der Lehrerbildung fachdidaktische Kompetenzen zum Einsatz (digitaler) Medien erwerben, so auch beispielsweise berufsbegleitend (Ropohl, 2021). Dabei muss die fachdidaktische Funktion des Einsatzes, wie sie mithilfe der Heuristik herausgearbeitet wurde, im Mittelpunkt stehen.

### **Desiderata**

Aus der allgemeinen Ausgangslage und der hier anschließend skizzierten Befragung können Desiderata abgeleitet werden, die zukünftig Gegenstand weiterer Untersuchungen sein sollten. Zunächst ist hier der Punkt der Rahmenbedingungen zu nennen. Die Ausstattung reicht nicht für individualisierte Lernarrangements aus. Aus Perspektive von Schulentwicklung wäre an diesem Punkt anzusetzen und es gälte Modelle für die Transformation der Ausstattung von Schulen mit Medien zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wäre zunächst zu klären, welchen Anteil welches Fach bzw. welche Disziplin unter Beachtung ihrer spezifischen Perspektive zur Medienbildung beitragen kann. Aus Sicht der Unterrichtsqualität kann die Verknüpfung von Medieneinsatz und Kompetenzerwartungen noch als sehr vage bezeichnet werden. Es fehlen Untersuchungen, die Auskunft über konkrete Einsatzszenarien von Lehrkräften geben. Für konkrete Einsatzszenarien für Medien gilt es auch das Verhältnis von analogen und digitalen Medien neu zu bewerten. Ausgehend von der Frage „Was wirkt am besten?“ sollten fachdidaktisch und pädagogisch-psychologisch begründete Szenarien entwickelt und evaluiert werden, um außerdem zu prüfen, welche Schülergruppen von welchen Medien unter welchen Rahmenbedingungen am besten profitieren.

### **Dank**

Mein Dank gilt an dieser Stelle dem Vorstand der GDCP, der mich eingeladen hat, die hier zusammengefassten Ergebnisse meiner Forschung im Rahmen eines Plenarvortrags auf der ersten virtuellen Jahrestagung der GDCP vorzustellen. Außerdem gilt mein Dank meinen Kolleginnen und Kollegen aus dem Projekt „Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“, mit denen ich mehrere Jahre an diesem Forschungsgegenstand arbeiten durfte, sowie der Joachim Herz Stiftung, die die Durchführung des Projekts durch ihre finanzielle Förderung erst möglich gemacht hat.

## Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183-198.
- Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H. & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland* (S. 205–240). Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B., Gerick, J., Labusch, A. & Vennemann, M. (2019). Schulische Voraussetzungen als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-2018-Teilnehmerländern. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland* (S. 137–171). Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B., Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017: Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 231–260). Münster: Waxmann.
- European Union (Hrsg.) (2017). *Digitale Kompetenz Lehrender*. Online unter: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu> (Zugriff: 22.02.2021).
- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 193-245). Berlin: Springer.
- Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2018). Wie lässt sich Medieneinsatz im Fachunterricht beschreiben? Entwicklung einer Heuristik für den Medieneinsatz. In: M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen* (S. 175-192). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Härtig, H., Ostermann, A., Ropohl, M., Schwanewedel, J., Kampschulte, L. & Lindmeier, A. (eingereicht). Welche Medien nutzen Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer wie häufig und für welchen Zweck? – Ergebnisse einer Fragebogenerhebung.
- Kerres, M. (2007). Zum Selbstverständnis der Mediendidaktik – eine Gestaltungsdisziplin innerhalb der Medienpädagogik? In W. Sesink, H. Moser & M. Kerres (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik. Standortbestimmung einer erziehungswissenschaftlichen Disziplin* (S. 161-178). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- KMK (Hrsg.) (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Online unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf) (Zugriff: 22.02.2021)
- KMK (Hrsg.) (2012). *Medienbildung in der Schule*. Online unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2012/2012\\_03\\_08\\_Medienbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf) (Zugriff: 22.02.2021)
- KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin.
- Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M., & Neuhaus, B. J. [Birgit J.] (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25*(1), 131–160.
- Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). IT-Ausstattung der Schulen der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015 bis 2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe, J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017* (S. 49-83). Münster & New York: Waxmann.
- Mayer, R. (2002). Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation, 41*, 85-139.

- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2020). *Digitalpakt*. Online unter: <https://www.schulministerium.nrw.de/themen/schulpolitik/digitalpakt> (Zugriff: 22.02.2021)
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen Chemie*. Online unter: [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/198/g9\\_ch\\_klp\\_%203415\\_2019\\_06\\_23.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/198/g9_ch_klp_%203415_2019_06_23.pdf) (Zugriff: 22.02.2021)
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2018). Welche Medien nutzen Lehrkräfte? Und wofür? Eine Befragung. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 554-557). Regensburg: Universität Regensburg.
- Reiners, C. (2017). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Ropohl, M. (2021). Traut euch! Vom Mehrwert digitaler Technik und Mini-Fortbildungen. In M. Schratz, I. Michels & A. Wolters (Hrsg.), *Menschen machen Schule – mutig eigene Wege gehen* (S. 58-77). Hannover: Klett/Kallmeyer.
- Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A. & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. *MNU Journal*, 71(3), 148-155.
- Voogt, J., Fisser, P., Tondeur, J. & van Braak, J. (2016). Using theoretical perspectives in developing an understanding of TPACK. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Hrsg.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (S. 33-51). New York: Routledge.