

---

# MEDIENEINSATZ IM MATHEMATISCH- NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

---

Fachübergreifende Perspektiven  
auf zentrale Fragestellungen

---

Mathias Ropohl  
Anke Lindmeier  
Hendrik Härtig  
Lorenz Kampschulte  
Andreas Mühling  
Julia Schwanewedel  
(Hrsg.)

JOACHIM  
HERZ  
STIFTUNG  
VERLAG



Mathias Ropohl · Anke Lindmeier · Hendrik Härtig · Lorenz Kampschulte ·  
Andreas Mühling · Julia Schwanewedel (Hrsg.)

Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht



Mathias Ropohl · Anke Lindmeier · Hendrik Härtig ·  
Lorenz Kampschulte · Andreas Mühling · Julia Schwanewedel  
(Hrsg.)

# Medieneinsatz im mathematisch- naturwissenschaftlichen Unterricht

Fachübergreifende Perspektiven  
auf zentrale Fragestellungen



## Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Informationen sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Joachim Herz Stiftung Verlag, Hamburg 2018

Umschlag: Nicole Keller & Annett Schuft | [www.nicolekeller.de](http://www.nicolekeller.de)

Fotos und Bilder wurden von den Autoren zur Verfügung gestellt.

Die Grafiken und Tabellen wurden nach Vorlagen der Autoren erstellt.

Herstellung: Das Herstellungsbüro, Hamburg |

[buch-herstellungsbuero.de](http://buch-herstellungsbuero.de)

Druck und Bindung: Lokay, Reinheim | [lokey24.de](http://lokey24.de)

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten

[www.joachim-herz-stiftung-verlag.de](http://www.joachim-herz-stiftung-verlag.de)



# INHALT

Vorwort .....	7
Medien sind gut! Gut für was? .....	14
<i>Julia Schwanewedel, Anje Ostermann und Hans-Georg Weigand</i>	
Medienbedienung gleich Medienbenutzung? .....	38
<i>Andreas Mühling und Heidrun Allert</i>	
Innovation durch digitale Medien im Fachunterricht? .....	55
<i>Anke Lindmeier</i>	
Lernprozesse und Lernprodukte mit digitalen Medien diagnostizieren? .....	98
<i>Mathias Ropohl, Kirsten Diehl, Markus Gebhardt, Marja van den Heuvel-Panhuizen, Andreas Mühling und Sascha Schanze</i>	
Lernorte mit Medien vernetzen .....	138
<i>Lorenz Kampschulte</i>	
Wie lässt sich Medieneinsatz im Fachunterricht beschreiben? .....	175
<i>Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Anke Lindmeier, Anje Ostermann, Mathias Ropohl und Julia Schwanewedel</i>	

## Anhang

Fragestellungen zur Stärkung des fachdidaktischen Diskurses .....	195
Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Expertentagung im Juni 2016 .....	197



## VORWORT

Das Thema digitale Bildung ist derzeit Gegenstand einer breit geführten gesellschaftlichen Debatte, in deren Mittelpunkt unter anderem das Lernen über und mit digitalen Medien in Schulen steht. Diese Debatte hat auch in den Fachdidaktiken dazu geführt, dass über den Medieneinsatz im Fachunterricht neu nachgedacht wird und über Potenziale insbesondere digitaler Medien für das Lehren und Lernen diskutiert wird.

Um den aktuellen Stand dieser Diskussion aufzugreifen und festzuhalten, fand im Juni 2016 am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel eine Expertentagung statt. Die Tagung hatte zum Ziel, einen Austausch zwischen Vertreterinnen und Vertretern der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken sowie der Bildungswissenschaften und der Bildungsadministration zu theoretischen und praktischen Perspektiven auf den aktuellen Stand zum Einsatz von Medien im Fachunterricht zu ermöglichen (s. Teilnehmerliste im Anhang). Dabei lag der Fokus bewusst nicht nur auf den »neuen« (digitalen) Medien, sondern auf einem breiten Spektrum an Medien, das alle digitalen und klassischen Medien umfasst. Die im Rahmen der Tagung gewonnenen Einsichten sollten zum einen aufdecken, in welchen Bereichen aus theoretischer Perspektive derzeit am meisten Forschungsbedarf gesehen wird, und zum anderen aufzeigen, in welchen Bereichen aus praktischer Perspektive derzeit der größte Entwicklungsbedarf zu verzeichnen ist.

Neben grundlegenden, theoriebezogenen Punkten wurden auf der Tagung konkrete Beispiele des Medieneinsatzes im Fach Mathematik und den naturwissenschaftlichen Fächern vorgestellt, beispielsweise eine App zur Bestimmung von Pflanzen oder eine internetbasierte Diagnoseplattform für das Fach Mathematik. In den Diskussionen wurden anschließend Chancen und Herausforderungen der Beispiele im Hinblick auf das Lernen aus der Perspektive aller vertretenen Disziplinen in den Fokus gerückt. Zudem wurden Hürden bei der Entwicklung, Evaluation und Implementation von Beispielen des Medieneinsatzes zusammengetragen. Auf Grundlage der Diskussionen haben sich



fünf Fragestellungen herauskristallisiert, die von zentraler Bedeutung für den Einsatz und die Implementierung von Medien in fachliche Lehr-Lern-Prozesse scheinen, die aber in der aktuellen fachdidaktischen Literatur nur wenig systematisch beantwortet werden. Die von den teilnehmenden Expertinnen und Experten als »hot topics« bezeichneten Fragestellungen sind Thema der ersten fünf Kapitel dieses Buches und beziehen sich sowohl auf grundsätzliche als auch spezifische Aspekte des Medieneinsatzes.

Die fünf Fragestellungen sowie der Inhalt der entsprechenden Kapitel werden nachfolgend skizziert:

### **1) Medien sind gut! Gut für was? – Funktionen von Medien**

Digitalen Medien wird im Allgemeinen ein hohes Potenzial für das Lehren und Lernen in der Schule zugesprochen. Um das Potenzial zu nutzen, sollen (angehende) Lehrkräfte die Möglichkeiten und Grenzen eines anforderungs- und situationsgerechten Einsatzes von digitalen Medien kennen. Was das im Detail heißt, bleibt aber häufig im Dunkeln – so stellt sich die grundlegende Frage, welche Funktionen Medien im Mathematik-, Biologie-, Chemie- und Physikunterricht überhaupt erfüllen können. Es wird ausgehend von medien- didaktischen Ansätzen dargestellt, welche Funktionen Medien in Lehr-Lern-Prozessen zugeschrieben werden. Dabei werden Eigenschaften von Medien differenziert, die die unterschiedliche Eignung der Medien für instruktionale Zwecke bedingen. Gleichzeitig diskutieren Julia Schwanewedel, Anje Ostermann und Hans-Georg Weigand die Grenzen universeller Ansätze aus fach- didaktischer Sicht und zeigen auf, dass unter einer fachlichen Perspektive zwangsläufig stärker das fachliche Lernziel und die Passung der Medien zu diesem Lernziel in das Zentrum der Überlegung gelangen. Auch im Zuge der Diskussion über den Einsatz neuer digitaler Medien in Schule und Unterricht stellt sich die Frage nach der besonderen Funktion dieser »neuen« Medien im fachlichen Lernprozess und den Unterschieden im Vergleich zu den nicht digitalen Pendanten. Die sich im Zusammenhang mit digitalen Medien ergebenden wechselseitigen Veränderungen in der Beziehung zwischen Lernziel und Medium werden im Beitrag anhand von Beispielen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich beschrieben und diskutiert.

## **2) Medienbedienung gleich Medienbenutzung? – Chancen und Herausforderungen beim Einsatz von Medien**

Eine Argumentationslinie für die Nutzung digitaler Medien stützt sich auf die Beobachtung, dass die Digitalisierung in Form des »ubiquitous« bzw. »pervasive computing« nahezu alle Bereiche des alltäglichen Lebens durchdringt. Dadurch sind digitale Medien mittlerweile für Schülerinnen und Schüler im privaten und gesellschaftlichen Alltag allgegenwärtig, sodass von »digital natives« gesprochen wird. Es liegt daher nahe, dieses vermeintliche Potenzial auch im Fachunterricht nutzbar zu machen. Wenig beachtet wird dabei jedoch, dass Bedienung nicht mit Benutzung gleichzusetzen ist. Aus Perspektive der Didaktik der Informatik und der Medienpädagogik gehen Andreas Mühling und Heidrun Allert dieser Differenzierung auf den Grund. Dabei zeigen sie auf, welche Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte, aber auch der Lernenden als Grundlage für eine tiefer gehende Nutzung von Medien notwendig sind. Das Fach Informatik bietet auf natürliche Weise durch die doppelte Nutzung von Medien als Lerngegenstand und -werkzeug einen entsprechenden Beitrag zur Allgemeinbildung.

## **3) Innovation durch digitale Medien im Fachunterricht? – Ein Forschungsüberblick aus fachdidaktischer Perspektive**

Die Digitalisierung im Bildungsbereich wird aktuell mit intensiven politischen Bemühungen vorangetrieben. Dabei werden Medien als Innovation für den Fachunterricht markiert, häufig als ein Garant für erfolgreiche(re)s Lernen gesehen, deswegen ihre Anschaffung empfohlen und flächendeckend gefördert. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob das Lernen mit digitalen Medien tatsächlich als Innovation gelten kann, also wirklich eine fundamentale und nachhaltige Veränderung des Lernens in der Schule bedingt. Die Ausführungen von Anke Lindmeier zeigen auf, dass der Einsatz von Medien im Fachunterricht wesentliche Merkmale einer Innovation erfüllt. Dabei betont sie, dass die Bedingungen und Wirkungen des Einsatzes digitaler Medien im Fachunterricht bisher aus wissenschaftlicher Perspektive nicht ausreichend untersucht sind. Daher werden in Kapitel 3 Ansatzpunkte geboten, wie innerhalb der Fachdidaktiken der wissenschaftliche Diskurs über das Neue an digitalen Medien qualitativ gestärkt werden kann. Die Herausforderungen, die sich aus den zu erwartenden Veränderungen im Fach-

unterricht ergeben, können so offensiv und systematisch angegangen werden.

#### **4) Lernprozesse und Lernprodukte mit digitalen Medien diagnostizieren? – Digitale Medien für formative und summative Diagnose**

Die bloße Verfügbarkeit von Medien allein reicht nicht, um Lehr-Lern-Prozesse zu beeinflussen, zu verändern und zu verbessern. Vielmehr gilt es, Medien zielführend im Unterricht einzusetzen, sprich, die zu erreichenden fachlichen Kompetenzen bewusst bei der Auswahl von Medien mitzudenken. Es werden daher immer wieder medien- und fachdidaktische Konzepte gefordert, um vor allem digitale Medien im Unterricht nachhaltig zu implementieren und das Lernen dadurch zu verbessern. Eine Möglichkeit zur Verbesserung des Lernens ist die konstruktive Unterstützung der Schülerinnen und Schüler in ihrem individuellen Lernprozess. Hier bieten digitale Medien Möglichkeiten, den Blick der Lehrkraft stärker auf den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler und weniger stark auf die Lernprodukte zu lenken. Nach einer Einführung in die formative und summative Diagnose im Allgemeinen sowie die computergestützte formative und summative Diagnose im Speziellen zeigen Mathias Ropohl, Kirsten Diehl, Markus Gebhardt, Marja van den Heuvel-Panhuizen, Andreas Mühling und Sascha Schanze in Kapitel 4 anhand von drei Beispielen auf, wie es möglich ist, computergestützt zu diagnostizieren und die so gewonnenen Informationen für das Anpassen von Lehr-Lern-Prozessen zu nutzen.

#### **5) Lernorte mit Medien vernetzen – Chancen und Herausforderungen der lernortübergreifenden Mediennutzung**

Eine Verheißung der Digitalisierung ist, dass durch die Verbreitung von digitalen Endgeräten Anwenderinnen und Anwender theoretisch an jedem erdenklichen Ort jederzeit lernen können. Auch Schulen nutzen als Ergänzung zum Unterricht zunehmend Lehr-Lern-Angebote von außerschulischen Lernorten wie Museen oder Schülerlaboren. Dabei stellt sich die Frage, wie die verschiedenen Lernorte vernetzt werden können, um kohärentes fachliches Lernen zu ermöglichen. Lorenz Kampschulte erläutert in Kapitel 5, welche Passungsprobleme an den Schnittstellen zwischen schulischen und außerschulischen Lernorten auftreten können. Es wird deutlich, dass für eine gelingende Ent-

grenzung der Lernräume eine aktive Gestaltung der Schnittstellen zentral ist. Im Anschluss zeigt er auf, wie gerade der Einsatz von (digitalen) Medien zur Vernetzung verschiedener Lernorte beitragen kann.

## **6) Wie lässt sich Medieneinsatz im Fachunterricht beschreiben? –**

### **Entwicklung einer Heuristik für den Medieneinsatz**

In den ersten fünf Kapiteln des Buches wird der Medieneinsatz im Fachunterricht aus fachdidaktischer Perspektive bezüglich unterschiedlicher Aspekte beleuchtet. Daraus ergibt sich die Frage: Können für das Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich allgemeine Merkmale eines zielgerichteten Medieneinsatzes identifiziert werden? Ausgehend von den Leitfragen der ersten fünf Kapitel und basierend auf weiteren theoretischen Überlegungen, wird von Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Anke Lindmeier, Anje Ostermann, Mathias Ropohl und Julia Schwanewedel im abschließenden 6. Kapitel des Buches eine Heuristik für den Einsatz von Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht sowie für die Merkmale des Medieneinsatzes vorgeschlagen. Anhand dieser Heuristik soll es zukünftig möglich sein, Merkmale des Medieneinsatzes im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht aus Sicht der Fachdidaktiken interdisziplinär-vergleichend zu beschreiben und zu systematisieren. Die Charakterisierung soll dabei immer vor dem Hintergrund von fachlichen Lernzielen erfolgen. Zukünftig ließen sich so unterschiedliche Einsatzszenarien hinsichtlich ihrer Qualität für das Lernen bewerten.

Bevor es an die Lektüre der einzelnen Kapitel geht, seien an dieser Stelle drei wichtige Punkte zum Begriffsverständnis erwähnt, die es beim Lesen zu beachten gilt:

Für den Begriff »Medium« finden sich zahlreiche Definitionen, die auf einem breiten Spektrum einzusortieren sind (s. Kapitel 2, S. 38). Das eine Ende des Spektrums wird durch Definitionen markiert, die bereits eine technische Lösung als Medium bezeichnen (z. B. Smartboard als Medium), am anderen Ende des Spektrums sind Medien erst in Kombination mit ihren sozial geprägten Praktiken vollständig beschrieben (z. B. Social Web als ein Paket von Praktiken, die durch technische Lösungen ermöglicht werden, diese aber auch formen). Zwischen diesen beiden Enden findet sich das in der Fachdidaktik

sehr häufig genutzte Verständnis, das für ein Medium konstitutiv auch eine spezielle Nutzung, meist die Vermittlungsabsicht, fordert (z. B. Visualisierung eines Sachverhalts mithilfe eines Mediums). Eine für den fachdidaktischen Diskurs in weiten Teilen geeignete Definition ist entsprechend eine medien-  
didaktisch geprägte: »Medien sind einerseits kognitive und andererseits kommunikative Werkzeuge zur Verarbeitung, Speicherung und Übermittlung von zeichenhaften Informationen« (Petko, 2014, S. 13). Durch die hohe Diversität der Bedeutungen und Kontexte ist es aktuell nicht möglich, einen einheitlichen Medienbegriff für alle Kapitel dieses Bandes anzulegen. Daher wird der Medienbegriff je nach Kontext in einer der skizzierten Bedeutungen genutzt, wobei in den einzelnen Beiträgen die jeweilige Bedeutung beschrieben wird.

Auch weiter gehende Klassifizierungen von Medienarten sind üblicherweise unscharf. In der Literatur finden sich Begriffe wie digitale Medien, neue Medien, analoge Medien, alte Medien und klassische Medien, daneben dynamische Medien, audiovisuelle Medien und universelle Medien. Welches konkrete Medium welcher dieser Kategorien zuzuordnen ist und ab wann ein Medium beispielsweise nicht mehr als klassisch gilt, sondern als neu zu bezeichnen ist, oder universell genug für die Bezeichnung universell ist, ist dabei nicht immer festgelegt. Für dieses Buch wurde auch hier aus pragmatischen Gründen auf eine einheitliche Festlegung verzichtet. Eine explizite Spezifizierung gewisser Medienarten erfolgt in den Kapiteln, wenn nötig (beispielsweise »digitale Medien«), während andere Kapitel solche Engführungen bezüglich der Medienart nicht nutzen.

In gewisser Weise ist der pragmatische Umgang mit diesen Begriffen aus Sicht der Fachdidaktiken auch anschlussfähig. Anders als die spezifischen Disziplinen der Mediendidaktik oder Medienpädagogik müssen Medien – egal welcher Art – als Teil des Lehr-Lern-Prozesses didaktischen Entscheidungen unterworfen werden. Auch wenn derzeit in Bezug auf Schule digitale Medien ein trendiges Thema sein mögen, werden diese doch im Unterricht selten ohne weitere nicht digitale Medien eingesetzt. Nicht zuletzt sei daher darauf hingewiesen, dass die in vielen Diskussionen auftauchende Polarisierung zwischen digitalen und nicht digitalen Medien, also die fast unvermeidlich scheinende Gegenüberstellung ihrer Vor- und Nachteile, nicht explizites Thema dieses Bandes ist.

Die Darstellungen und Diskussionen in diesem Band richten sich an Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker, Ausbilderinnen und Ausbilder der 2. Lehramtsbildungsphase, Bildungspolitikerinnen und -politiker sowie interessierte Lehrerinnen und Lehrer. Für manche dieser Lesergruppen sind einzelne Kapitel jedoch von besonderem Interesse. So richtet sich Kapitel 4 beispielsweise vorwiegend an Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker, während Kapitel 5 insbesondere für Lehrkräfte und Betreiber außerschulischer Lernorte Informationen über Vernetzung von Lernorten bereithält. Für die Lehreraus- und -weiterbildung sind demgegenüber die Darstellungen und Diskussionen in allen Kapiteln relevant.

An dieser Stelle danken wir der Joachim Herz Stiftung für die Finanzierung der Expertentagung und die Unterstützung bei der Erstellung dieses Tagungsbandes. Außerdem danken wir allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Tagung für ihre konstruktive Teilhabe an den Diskussionen. Allen Leserinnen und Lesern wünschen wir eine spannende und erkenntnisreiche Lektüre und hoffen auf eine lebhafte Fortsetzung der Debatte über den Einsatz von Medien für das Lernen in Mathematik und den Naturwissenschaften.

*Mathias Ropohl, Anke Lindmeier, Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte,  
Andreas Mühling und Julia Schwanewedel*  
Berlin, Essen und Kiel, Dezember 2017

# MEDIEN SIND GUT! GUT FÜR WAS?

## Funktionen von Medien im Fachunterricht

*Julia Schwanewedel, Anje Ostermann und Hans-Georg Weigand*

Kenntnisse von Konzepten der Medienpädagogik, -didaktik und -psychologie sowie von Möglichkeiten und Grenzen eines anforderungs- und situationsgerechten Einsatzes von Medien im Unterricht werden in den Standards der Kultusministerkonferenz (KMK) als Ziel der Lehrerbildung ausgewiesen (KMK, 2004). (Angehende) Lehrkräfte sollen auf die Frage »Wo sollten im Mathematik-, Biologie-, Chemie- und Physikunterricht warum welche Medien eingesetzt werden?« kompetent antworten können. Ein Ansatzpunkt, sich dieser komplexen Fragestellung zu nähern, ist die Frage nach den Funktionen, die Medien im Mathematik-, Biologie-, Chemie- und Physikunterricht erfüllen könnten. Kurz gesagt: Medien sind gut! Gut für was?

In diesem Beitrag wird ausgehend von mediendidaktischen Ansätzen dargestellt, welche Funktionen Medien in Lehr-Lern-Prozessen zugeschrieben werden. Dabei werden Eigenschaften von Medien differenziert, die unterschiedliche Eignungen der Medien für instruktionale Zwecke bedingen. Die mediendidaktischen Charakterisierungen können als Hintergrundmodelle und zur Deskription von Medieneinsatz im Fachunterricht genutzt werden, da sie eine universelle Reichweite haben.

Es zeigt sich aber, dass die Ansätze für die konkrete Planung von Fachunterricht zu kurz greifen. Unter einer fachlichen Perspektive gelangen zwangsläufig stärker das fachliche Lernziel und die Passung der Medien zu diesem Lernziel in das Zentrum der Überlegung. Darüber hinaus kann das Medium selbst zum fachlichen Lerngegenstand werden. Die Situation stellt sich noch komplizierter dar, da sich durch Veränderungen in den unterrichtlich zur Verfügung stehenden Medien – beispielsweise durch den Einsatz neuer digitaler Medien – auch Veränderungen in fachlichen Lernzielen ergeben können. Die wechselseitige Beeinflussung von Medien und Lernzielen wird im Beitrag anhand von Beispielen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich beschrieben und diskutiert.

Fachdidaktische Betrachtungen von Medien und ihren Eigenschaften umfassen also neben einer allgemeinen Charakterisierung im Sinne der Mediendidaktik insbesondere die Frage, welche Funktion ein spezifisches Medium in fachlichen Lernprozessen einnehmen kann. Dabei zeigt sich, dass die funktionale Variabilität – die Bandbreite an möglichen Funktionen in fachlichen Lernprozessen – für verschiedene Medien(typen) sehr unterschiedlich sein kann.

Das Konzept der funktionalen Variabilität als Eigenschaft von Medien ist dabei nicht neu, sondern seit fast fünfzig Jahren Bestandteil theoretischer und praktischer Überlegungen zum Medieneinsatz im Unterricht, die im Kontext allgemeiner und fachbezogener Didaktik, Mediendidaktik und Medienpädagogik geführt werden. Bereits Döring (1969) spricht in seinem Lehrbuch zur Theorie der Lehr- und Lernmittel von der »funktionellen Variabilität« (S. 281) dieser und meint damit ein Zusammenwirken der »pädagogischen Potenz, Modalität und Praktikabilität« (S. 281) von Medien, von der bei der Planung und Analyse von Unterricht ausgegangen werden sollte. Damit adressiert Döring die oben genannte Grundfrage des Medieneinsatzes im Fachunterricht. Ein differenzierter Blick auf die funktionale Variabilität von spezifischen Medien im Fachunterricht kann also als Schlüssel zum anforderungs- und situationsgerechten Einsatz von Medien gesehen werden. Da diese Konzepte aktuell in der Fachdidaktik wenig rezipiert werden, fasst dieser Beitrag die grundlegenden Bezugslinien auf und illustriert an Beispielen deren Nützlichkeit.

## FUNKTIONEN VON MEDIEN IN LEHR-LERN-PROZESSEN – MEDIENDIDAKTISCHE PERSPEKTIVE

Im Lehr-Lern-Prozess können Medien unterschiedliche Funktionen einnehmen. Diese Funktionen werden in der Mediendidaktik vor dem schulischen Hintergrund diskutiert und herausgearbeitet. Im Folgenden seien die wesentlichen Strukturierungsvorschläge nach Kerres (2000a) und Petko (2014) dargestellt, wobei die Ansätze als fachübergreifend zu charakterisieren sind.

Kerres (2000b) unterscheidet in Bezug auf die didaktischen Funktionen des Mediums zwischen dem Medium als *Wissenswerkzeug*, zur *Wissensreprä-*



*sentation* und zur *Wissensvermittlung*. Die Unterscheidung basiert bei Kerres (2009) auf dem Grad der didaktischen Aufbereitung eines Mediums. Während ein Wissenswerkzeug nach Kerres (2000b) breit einsetzbar ist, ist ein Medium zur Wissensrepräsentation spezifischer und eines zur Wissensvermittlung im Rahmen eines Lernprozesses auf ein bestimmtes didaktisches Problem ausgerichtet. Alle drei Funktionen werden im Folgenden differenziert dargestellt und mithilfe von Beispielen aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich illustriert.

Das Medium als Wissenswerkzeug bedarf einer eher geringen Anpassung an die Lerngruppe und die Ziele. Kerres (2000b) fasst hierunter Medien, die Werkzeugcharakter aufweisen und die Erarbeitung, Sammlung und Kommunikation von Wissen unterstützen. Dazu gehören zum Beispiel Textbearbeitungsprogramme genauso wie das Internet und die klassische Wandtafel. Bei der Nutzung eines Tabellenkalkulationsprogrammes als ein Werkzeug im Mathematikunterricht findet beispielsweise keine Anpassung des Programmes selbst an die Lerngruppe statt, vielmehr wird durch die Wahl geeigneter Aufgaben das Erreichen der unterrichtlichen Ziele sichergestellt.

Wird ein Medium zur Wissensrepräsentation genutzt, so ist die im Wortsinne wissensvermittelnde Rolle zentral. Im Vergleich zur Nutzung als Wissenswerkzeug ist ein höherer Grad an Anpassung an die Lernenden notwendig, da Entscheidungen darüber notwendig sind, welcher Ausschnitt eines Sachverhalts repräsentiert werden soll. Ein Beispiel wäre die Darstellung des Aufbaus eines Kohlekraftwerkes im Physikunterricht. Für Wissensrepräsentationen können verschiedene Formen von Darstellungen unterschieden werden: Das Wissen über den Aufbau eines Kohlekraftwerkes kann zum Beispiel durch die reale Form, d. h. die Besichtigung eines solchen Kraftwerkes, vermittelt werden. Eine modellhafte Form, wie beispielsweise eine schematische Abbildung oder ein beschreibender Text (symbolische Form), reduziert hingegen bereits auf wesentliche Elemente des Darzustellenden. Die mediale Repräsentation eines Kohlekraftwerkes zur Nutzung im Unterricht entsteht durch didaktische Aufbereitung mit dem Ziel, eine Passung zur Lehr-Lern-Situation herzustellen (Kerres, 2000b). Ein weiteres Beispiel für die Repräsentation von Wissen sind modellhaft eingesetzte Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht, die z. B. Prozesse oder Vorgänge veranschaulichen, die normalerweise nicht oder nur schwer zu beobachten sind: Mithilfe eines

beweglichen Modells von Sonne, Erde und Mond kann im Physikunterricht beispielsweise die Entstehung der Mondphasen nachvollzogen werden (s. Kapitel 6, S. 175). Solche Modelle sind häufig reduziert und in Bezug auf die Stellung der drei Himmelskörper gültig, nicht jedoch in Bezug auf die Größe bzw. Größenverhältnisse oder Feinheiten der Konstellation, wie beispielsweise die Schiefe der Ekliptik. In dieser Hinsicht wurde das Modell reduziert und an die Problemstellung »Erklärung der Mondphasen« angepasst. Es repräsentiert vornehmlich die Mondphasen und kann eng verwandte Phänomene, wie beispielsweise die Jahreszeiten, nicht mehr erklären.

Eine noch spezifischere Anpassung an den Lehr-Lern-Prozess ist beim Einsatz von Medien zur Wissensvermittlung notwendig, sodass ganz bestimmte Erfahrungen beim Auseinandersetzen mit dem Medium möglich werden (Kerres, 2000b). Das Medium kann in diesem Fall eine spezifische didaktische Problemstellung im Lehr-Lern-Prozess lösen, sodass der Verwendungszweck und nicht das Produkt bei der Nutzung in diesem Kontext von Interesse ist (Kerres, 2000b). Im Extremfall sind Lernprozess und Mediennutzung nicht trennbar. Dazu gehören computergestützte Lernprogramme, wie beispielsweise eine Software zum Erstellen evolutionsbiologischer Stammbäume, in der der Lernprozess zeitlich und inhaltlich geregelt wird (Kerres, 2000a).

Der zunehmende Grad an didaktischer Aufbereitung, der sich in der beschriebenen Klassifizierung abbildet, geht im Umkehrschluss mit einer Verringerung der möglichen Einsatzzwecke einher. Die sogenannte Polyvalenz, also Bandbreite der möglichen Verwendungen eines Mediums, ist für Wissenswerkzeuge hoch, für Medien, die mit speziellen Lehr-Lern-Prozessen verknüpft sind, gering (Kerres, 2000b). Medien zur Wissensrepräsentation sind – wie die oben genannten Beispiele zeigen – in Bezug auf ihre Polyvalenz zwischen den beiden Extrempositionen einzuordnen.

Petko (2014) nimmt bei seiner Strukturierung der Funktionen von Medien eine andere Perspektive ein: Ausgehend vom didaktischen Dreieck, das die Wechselwirkung der unterrichtlichen Einflussgrößen Bildungsgegenstand, Lehrende und Lernende beschreibt, werden fünf zentrale Funktionen von Medieneinsatz im Unterricht differenziert: (1) Medien als Informations- und Präsentationsmittel, (2) Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben, (3) Medien als Werkzeuge und Arbeitsmittel, (4) Medien zur Lernberatung und Kommunikation und (5) Medien zur Prüfung und Beurteilung. Medien können also in vie-

len verschiedenen unterrichtlichen Teilprozessen mit jeweils unterschiedlicher Funktion eingesetzt werden. Petkos Sicht knüpft dabei an die Vorstellung einer Lehr-Lern-Kultur (Reusser, 2003) an und versteht Medien als Teil dieser.

Die von Petko (2014) und Kerres (2000b) beschriebenen Funktionen von Medien weisen Ähnlichkeiten auf, wobei durch die unterschiedlichen Perspektiven (und vermutlich ebenso Publikationsjahre) auch verschiedene Schwerpunktsetzungen deutlich werden. So erscheint Petkos Ansatz für die Nutzung in den Fachdidaktiken deutlich anschlussfähiger, da sich durch die Anbindung an das didaktische Dreieck ein »Primat des Faches« erkennen lässt. Die Funktion von Medien als Wissenswerkzeug im Sinne von Kerres gliedert sich bei Petko entsprechend in zwei Teilbereiche auf: Unter Berücksichtigung von Lernziel und Lehrenden fungieren Medien als Werkzeuge und Arbeitsmittel (3), mit einem Blick auf die Kommunikationsstrukturen zwischen Lehrenden und Lernenden fungieren Medien als Mittel zur Lernberatung und Kommunikation. Wissensrepräsentation nach Kerres findet sich in der Funktion (1) Medien als Informations- und Präsentationsmittel nach Petko wieder, jedoch wird auch für Arbeitsmittel ggf. eine repräsentierende Funktion gesehen (»kognitive Werkzeuge«). Für die Funktion von Medien zur Wissensvermittlung nach Kerres findet sich bei Petko kein direkt ersichtliches Pendant. Teilaspekte davon finden sich in allgemeinerer Form in Punkt (2) Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben, wenn Medien beispielsweise einen höheren Grad von Adaptivität ermöglichen. Medien zur Prüfung und Beurteilung (5) erscheinen im Vergleich zu Kerres' Sicht auf Funktionen von Medien als Erweiterung.

Beiden Ansätzen gemeinsam ist, dass die möglichen Funktionen von Medien im Unterricht fachunspezifisch betrachtet werden. Die entstehenden Strukturierungen sind entsprechend universell und können zur Klassifikation von Beispielen aus dem Fachunterricht genutzt werden. In Kapitel 5 wird aufgezeigt, dass die Funktionen nach Petko (2014), obwohl für den schulischen Kontext definiert, sich sogar im Bereich der außerschulischen Lernorte anwenden lassen. Umgekehrt bieten die Strukturierungen aber kaum konkrete Entscheidungshilfen, beispielsweise wenn in einer Unterrichtsplanung das instruktionale Problem auftritt, einen Sachverhalt zu präsentieren.

Neben den Strukturierungen, die unterschiedliche Funktionen in Lehr-Lern-Prozessen isolieren, gibt es zudem Ansätze, die stärker von einzelnen

Medien oder Medieneigenschaften ausgehen. Im Fokus steht dann die Frage, welche Funktionen durch ein bestimmtes Medium (oder eine bestimmte typenbildende Medieneigenschaft) im Lehr-Lern-Prozess (besonders gut) abgebildet werden kann. In der Mediendidaktik finden sich dabei insbesondere Beschreibungen bezogen auf ganze Gruppen von Medien wie »neue« oder »digitale« Medien (Kerres et al., 2013) oder aber differenzierter für audiovisuelle Medien, Texte, Hypertexte etc. (Petko, 2014; Stickan, 2006). Dabei wird neben dem Medientyp häufig die Form der Darstellung von Sachverhalten oder Phänomenen als Klassifikationskriterium genutzt (Heidt & Schwittmann, 1976). Dadurch können zum Beispiel reale Experimente virtuellen Experimenten oder Animationen als reduziertes Abbild der Wirklichkeit gegenübergestellt werden. Jedes Medium besitzt also aufgrund seiner (technischen) Eigenschaften das Potenzial, im Lehr-Lern-Prozess unterschiedliche Funktionen zu übernehmen. In der umgekehrten Sichtweise lassen sich Funktionen allerdings nicht eindeutig einem Medium zuordnen, sodass unterschiedliche Medien dieselbe Funktion im Lehr-Lern-Prozess übernehmen können.

Um dem Wunsch nach einer Entscheidungshilfe gerecht zu werden, sind in der klassischen Mediendidaktik unterschiedlichste Klassifikationssysteme für Medien entwickelt worden. Eine umfassende Übersicht über verschiedene frühe Ansätze haben Heidt und Schwittmann (1976) zusammengestellt und ausgehend vom »Problem der Medienentscheidung« diskutiert. Dabei finden sich neben Medientaxonomien, die Medien nach der Art der Reizdarbietung klassifizieren, auch solche, die die unterrichtliche Funktion oder das Lernziel berücksichtigen (Heidt & Schwittmann, 1976). Die Klassifikation, die Gagné (1970) vorschlägt, setzt Medium und Funktion zueinander in Beziehung und nimmt eine Bewertung dieser Beziehung im Sinne von möglich oder nicht möglich vor. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt Allen (1967), indem er die Passung zwischen Lernziel und Medium bewertet. Das Zueinander-in-Beziehung-Setzen ist notwendig, doch Heidt und Schwittmann (1976) zeigen überzeugend auf, dass eine universelle Bewertung im Sinne von »Das Medium kann zu diesem Lernziel beitragen« nicht von einer konkreten Situation unabhängig zu leisten ist.

An Beispielen sei kurz illustriert, welche Funktionen für gewisse Medien innerhalb der Mediendidaktik beschrieben werden. Für computergestützten Unterricht werden beispielsweise weitreichende und fachübergreifende

Potenziale angeführt. Der Computer als Werkzeug wird als besonders vielseitig, also für unterschiedliche Zwecke einsetzbar, beschrieben, da sich durch die Vielzahl unterschiedlicher Programme, die genutzt werden können, eine Bandbreite an Einsatzzwecken und -zielen eröffnet (Nattland & Kerres, 2006). Besonders hervorgehoben wird dabei die Möglichkeit, durch entsprechende Programme Simulationen als Abbild der Realität zu nutzen. Dadurch können schwer beobachtbare Prozesse erfahrbar gemacht und diese durch Änderung von Parametern gezielt manipuliert werden, um Erkenntnisse daraus zu ziehen (Nattland & Kerres, 2006). Ähnlich finden sich auch für klassische Wandtafeln oder interaktive Whiteboards Beschreibungen der Einsatzmöglichkeiten, woraus sich wiederum eine Bandbreite von Funktionen ergibt, die diese Medien prinzipiell übernehmen können (Feige, 2006; Knaus, 2011). Mit Wandtafeln bzw. deren digitalen Pendanten können durch Darstellungen fachbezogene Sachverhalte vermittelt werden. Wandtafeln und digitale Whiteboards können jedoch im Lehr-Lern-Prozess auch als didaktisch-methodisches Gestaltungselement auftreten, indem beispielsweise Ideen der Lernenden gesammelt und strukturiert werden können (Feige, 2006). Daher sind Wandtafel und Whiteboard auch als Wissenswerkzeug im Sinne von Kerres (2000b) zu verstehen.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass jedes Medium spezifische Eigenschaften besitzt, die es ihm ermöglichen, verschiedene Funktionen im Lehr-Lern-Prozess zu erfüllen. Dieses Verhältnis zwischen Medium und Lernzielen wird funktionale Variabilität genannt. Die funktionale Variabilität beschreibt die Bandbreite an möglichen Funktionen, die ein Medium im fachlichen Lernprozess erfüllen kann, und zeigt die sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten des Mediums auf. In diesem Verständnis weist ein Medium geringe funktionale Variabilität auf, wenn Einsatzzweck bzw. Einsatzziel bereits weitestgehend festgelegt sind, während sich beim Einsatz eines Mediums mit einer hohen funktionalen Variabilität eine deutlich größere Bandbreite an Einsatzzwecken und -zielen bietet.

Auch in grundlegenden Werken zur Unterrichtsplanung wird der Einsatz von Medien in Bezug zu den intendierten Lernzielen thematisiert. Peterßen (1992) beispielsweise spricht in diesem Zusammenhang von der Mono- und Polyvalenz von Medien im Hinblick auf Unterrichtsententionen (vgl. Muth 1976) und beschreibt damit den Bezug von Unterrichtsmedien und Unter-

richtsintentionen (Peterßen, 1992). Peterßen (1992) unterscheidet monovalente Medien, die »ausschließlich zur Verwirklichung einzelner konkreter Zielsetzungen herangezogen werden können« (S. 388), von polyvalenten Medien, »die zur Erreichung mehrerer und unterschiedlicher Lernziele beizutragen in der Lage sind« (S. 388). Wie bereits skizziert, greift beispielsweise Kerres (2000a) ebenfalls den Begriff der Polyvalenz auf und bringt diesen mit dem Grad der didaktischen Aufbereitung, also dem Grad der Anpassung an die konkrete Lernsituation, in Verbindung (Kerres, 2000a).

Unter Nutzung mediendidaktischer Grundlagen wird offensichtlich, dass der Medieneinsatz im Unterricht als Planungsbereich wechselseitig von Lernziel und Medium abhängt. Universell nutzbare Medientaxonomien können zwar Planungen zum Medieneinsatz im Fachunterricht informieren, leisten aber nur partielle Beiträge (vgl. Heidt & Schwittmann, 1976). Unstrittig wird auch in der allgemeinen Mediendidaktik anerkannt, dass letztlich die Passung zum Lernziel über das Gelingen eines Medieneinsatzes entscheidet (Kerres, 2000a; Petko, 2014). Damit ist klar, dass konkrete Medienentscheidungen im Fachunterricht Aufgabe fachdidaktischer Überlegungen sein müssen.

## MEDIENEINSÄTZE IM FACHUNTERRICHT – FACHDIDAKTISCHE SICHT

Wird Medieneinsatz im Fachunterricht geplant, gibt es im Wesentlichen zwei Zugänge: Die Mediennutzung kann vom Medium oder vom fachlichen Lernziel aus geplant werden. Beide Ansätze werden im Folgenden erläutert und anhand von Beispielen illustriert.

Die Planung des Medieneinsatzes vom Medium aus ist insbesondere dann von Interesse, wenn das Erlangen grundlegender Fertigkeiten im Umgang mit dem Medium im Vordergrund steht oder es sich bei dem Medium um ein Werkzeug für den Gebrauch im Fach wie zum Beispiel Tabellenkalkulationsprogramme oder virtuelle Lernumgebungen (z. B. virtuelle Labore) handelt. Gemäß der Strukturierung nach Kerres (2000a) weist das Medium im Lehr-Lern-Prozess dann einen Werkzeugcharakter auf. Ziel eines solchen Medieneinsatzes ist es zunächst im Sinne einer fachlichen Medienkunde, grundlegende Benutzungs Kompetenzen im Umgang mit diesem Medium aus-

zubilden, wie zum Beispiel den Umgang mit relativen Zellbezügen oder den Zahlenformaten einzelner Zellen bei Tabellenkalkulationsprogrammen. Aspekte der fachlichen Medienkunde haben häufig vorbereitenden Charakter und zielen auf eine spätere Nutzung der Medien für fachliche Lernziele (s. Kapitel 2, S. 38, für den Unterschied zwischen Bedienung und Benutzung), sodass das Medium dann als Werkzeug und Arbeitsmittel im Sinne Petkos (2014) erscheint.

Dabei gibt es zwei im Prinzip nachgelagerte Einsatzzwecke, deren Planung üblicherweise nicht mehr vom Medium selbst ausgeht: Zum einen kann das Medium als Werkzeug im Sinne des Auslagerungsprinzips (Peschek, 1999) für die effiziente Lösung von Teilproblemen genutzt werden. Dieser Fall tritt beispielsweise bei der Nutzung des Taschenrechners oder eines Computer-Algebrasystems (CAS) auf. Anstelle aufwendiger (im Sinne mehrschrittiger) händischer Verfahren können dann mithilfe des Mediums schnell Routineaufgaben wie Berechnungen, Ableitungen und Gleichungslösungsverfahren durchgeführt werden, sodass die im Unterricht zur Verfügung stehende Lernzeit für inhaltliche Fragen genutzt werden kann. Der Medieneinsatz wird also mit Blick auf den Lehr-Lern-Prozess vornehmlich (aber nicht exklusiv; Peschek, 1999) aus Effizienzgründen legitimiert.

Zum anderen kann das Medium nach der Einführung als fachliches Arbeitsmittel genutzt werden. Das Medium vermittelt dann in der Auseinandersetzung mit ihm fachliche Grundlagen und ist kognitives Werkzeug. Dieser Fall tritt beispielsweise auf, wenn mithilfe eines CAS erkannt wird, welche Fälle bei der Lösung einer Gleichung zu unterscheiden sind.

Damit ist bereits der zweite Grundtyp von fachdidaktischer Planung von Medieneinsatz, der Zugang vom fachlichen Lernziel aus, skizziert. Hier stellt sich die Frage, mit welchen Mitteln ein fachliches Lernziel »gut« erreicht werden kann. Es liegt also eine instrumentelle Sicht auf Medien vor (Kerres, 2000a). In den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken finden sich zahlreiche Beispiele, in denen Medien und insbesondere auch fachspezifische Medien auf Möglichkeiten der instrumentellen Nutzung zum Erreichen bestimmter Lernziele bzw. zur Förderung bestimmter Kompetenzen hin untersucht werden (s. Kapitel 3, S. 55).

Haug (2011) beispielsweise entwickelte und evaluierte eine Lernumgebung zum Problemlösen. Dazu werden Problemlösetechniken ausgewählt,

die in einem entdeckenden Zugang vermittelt werden sollen (Hilfslinien verwenden, Invarianten erkennen, Vermutungen aufstellen). Da für diesen instruktionalen Zweck (Entdeckung der genannten Problemlösetechniken in mathematischem Kontext) ein dynamisches Werkzeug besonders geeignet erscheint, wird eine passgenaue dynamische Lernumgebung entwickelt. In einem anderen Beispiel untersuchen Greefrath und Weitendorf (2013), inwiefern die mathematische Kompetenz des Modellierens durch digitale Medien im Unterricht gefördert werden kann. Dabei werden verschiedene Funktionen (wie Nutzung als Arbeitsmittel zum Experimentieren, Nutzung als Repräsentationsmittel zum Visualisieren, Nutzung als Werkzeug zur Auslagerung von Berechnungen) von digitalen Medien in Lehr-Lern-Prozessen mit unterschiedlichen Phasen des idealtypischen Modellierungsprozesses in Verbindung gebracht. Auf diese Weise soll der Erwerb mathematischer Modellierungskompetenz gezielt durch den Medieneinsatz unterstützt werden (Greefrath & Weitendorf, 2013).

Ein weiteres Beispiel aus der Biologie zeigt, wie vom Lernziel bzw. sogar noch enger dem fachlichen Sachverhalt her medienbezogene Entscheidungen gefällt werden können. Die makroskopische Anatomie von Organen wie dem menschlichen Herzen oder dem Ohr ist im dreidimensionalen Raum lokalisiert. Remmele und Kollegen (2017) untersuchen deshalb in einer Wirkungsstudie den Einsatz von 3-D-Lernprogrammen bei humanbiologischen Unterrichtsinhalten. Ausgehend vom fachlichen Lernziel, makroskopische Strukturen menschlicher Organe beschreiben zu können, wird untersucht, inwiefern stereoskope oder nicht stereoskope Darstellungen das fachliche Lernen im Bereich der Anatomie fördern können.

Während die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer in der Planung von Medieneinsatz also die beiden Zugänge, vom Medium und vom fachlichen Lernziel ausgehend, kennen, werden häufig auch Mischformen realisiert. Ein besonderer Fall ist auch die Informatik, da das Medium hier fast immer als Gegenstand und instruktionales Mittel zugleich erscheint (s. Kapitel 2, S. 38). Dies tritt teilweise – wie oben angedeutet – auch in den Naturwissenschaften (z. B. Modellexperimente) und der Mathematik auf, ist dort aber nicht der Regelfall.

Die Beispiele aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich konkretisieren, wie bei der Planung des Medieneinsatzes das fachliche



Lernziel, das verwendete Medium und der geplante unterrichtliche Einsatz interagieren. Insofern wird deutlich, dass sich mit einer fachdidaktischen Sichtweise pauschale Bewertungen wie beispielsweise »Medium X ist gut/schlecht«, aber auch die etwas differenziertere Bewertung »Medium X ist geeignet/ungeeignet für dieses Lernziel« verbieten. Letztendlich ist für die konkrete Medienentscheidung die Passung zwischen Lernziel, Medien und gewähltem unterrichtlichem *Medieneinsatz* von zentraler Bedeutung.

## WAS VERÄNDERT SICH DURCH »NEUE« MEDIEN?

Die beiden ersten Abschnitte dieses Beitrags zeigen auf, wie Mediendidaktik und die Fachdidaktiken ihren Beitrag zu Fragen des gelingenden Medieneinsatzes im Unterricht leisten können. Durch die fachspezifische Betrachtung werden dabei die Bezugslinien der allgemeineren Mediendidaktik nicht nur auf eine größere Vielfalt an Medien angewandt (beispielsweise auch auf fachspezifische Medien wie mathematische Werkzeuge oder Experimente). Das Verständnis für verschiedene Funktionen von Medien im Unterricht wird durch die fachspezifische Sichtweise zudem erweitert, beispielsweise wenn die grobe Typisierung einer Nutzung von Medien als Werkzeug oder Arbeitsmittel aus fachspezifischer Sicht ausdifferenziert wird (z. B. Nutzung eines Mediums zur Modellbildung, zum Experimentieren).

Dieses komplexe Feld wird jedoch häufig durch die allgemeine Diskussion zum Einsatz von Medien im (Fach-)Unterricht konterkariert, die insbesondere in Bezug auf den Einsatz neuer digitaler Medien oftmals durch eine starke Pauschalisierung gekennzeichnet ist. Digitale Medien wie beispielsweise Tablet und Smartphone werden dann entweder pauschal als gut oder schlecht, motivierend, zukunftsträchtig oder schädlich etc. bezeichnet. Schlagzeilen wie »Smartphones gehören in den Unterricht« (bild.de), »Wir brauchen keine Laptopklassen« (Passauer Neue Presse), »In der Tablet-Klasse macht sogar Mathe Spaß« (stern.de) oder »Wie das iPad die Tafel überflüssig macht« (abendblatt.de) sind Ausdruck dieser pauschalisierenden Diskussion.

Durch die Digitalisierung verändert sich die Lebens- und Arbeitsumwelt. Die Aufgabe der Schule ist auch, Lernende auf das fachliche Arbeiten mit die-

sen neuen Medien vorzubereiten (Hawkrige, 1990). Offensichtlich gelingt es in der aktuellen Debatte aber kaum, eine differenzierte Sichtweise im allgemeinen Diskurs anzulegen. Dies mag unter anderem daran liegen, dass die Veränderung von zur Verfügung stehenden Medien auch in der Schule als eine Innovation erscheint (s. Kapitel 3, S. 55), deren Bewertung per se komplex ist und immer im Kontrast zu bestehenden Praktiken vorgenommen wird (vgl. auch zitierte Schlagzeilen, die häufig in kontrastierender Weise auf »herkömmlichen« Unterricht Bezug nehmen). Vor diesem Hintergrund bewegt sich die Diskussion oftmals ausschließlich mit Fokus auf das (als Veränderung auftretende) Medium, ohne dabei die wechselseitige Beziehung von Medium, Lernziel und Medieneinsatz in den Blick zu nehmen.

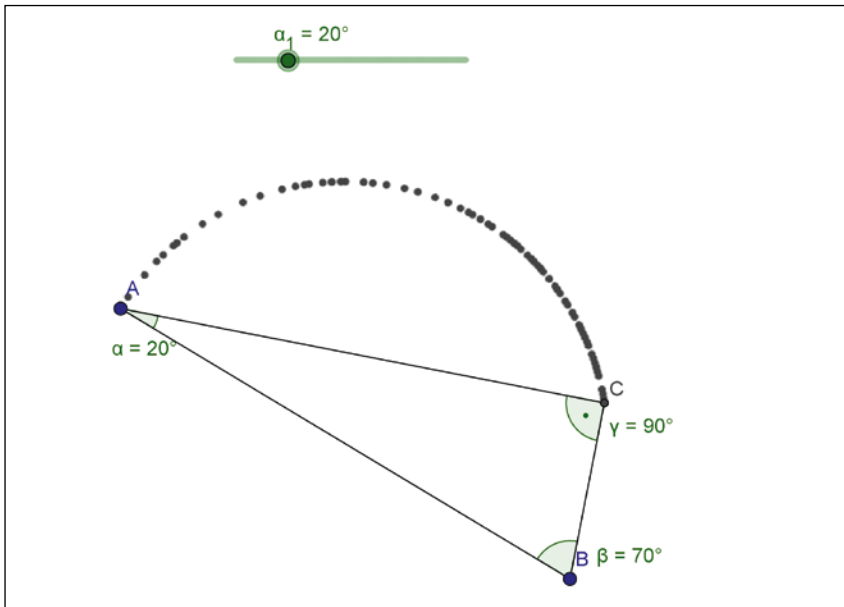
Durch die zunehmende Digitalisierung stehen auch im Bildungsbereich gerade für den Fachunterricht zahlreiche »neue« digitale Medien bzw. mediale Möglichkeiten wie digitale Endgeräte, verschiedene Software oder das Internet zur Verfügung. Durch die oft räumlich flexiblen digitalen Endgeräte bietet sich der Einsatz nun nicht mehr nur im Computer- oder Fachraum, sondern auch an weiteren Lernorten an (s. Kapitel 5, S. 138). Im Kontext des Unterrichts in Mathematik und den Naturwissenschaften sind mittlerweile zu vielen fachlichen Inhalten und Arbeitsweisen (z. B. Experimentieren, Bestimmen) Programme erhältlich, mit denen der Unterricht gestaltet werden kann oder durch die das Experimentieren im Schulkontext erst ermöglicht wird (z. B. virtuelle Experimente zu radioaktiven Stoffen im Physikunterricht, gentechnische Experimente im Biologieunterricht). Das Internet kann als reichhaltiger Fundus von Informationen oder Möglichkeiten zum Austausch, z. B. in Foren, dienen.

Eine Aufgabe der Fachdidaktiken ist es nun, diese Veränderungen und ihre (intendierten und nicht intendierten) Auswirkungen auf den Fachunterricht zu untersuchen und Lehrkräften theoretisch fundiertes Handwerkszeug zur zielgerichteten Planung von Medieneinsatz zur Verfügung zu stellen. Dabei können sich durch die wechselseitige Abhängigkeit von Medium, Lernziel und Medieneinsatz neben Veränderungen in fachlichen Lernprozessen auch Veränderungen in Bezug auf fachliche Lernziele ergeben. Dieser Aspekt scheint in der aktuellen Debatte zum Medieneinsatz im Fachunterricht wenig berücksichtigt zu werden (s. Kapitel 3, S. 55). Deswegen sei dies nachfolgend am Beispiel von dynamischen Geometrie-Systemen bzw. Taschenrechnern

im Mathematikunterricht und Smartphone-Apps zur Bestimmung von Lebewesen im Biologieunterricht betrachtet.

### Beispiel: Taschenrechner und DGS im Mathematikunterricht

Am Beispiel dynamische Geometrie-Software (DGS) für den Mathematikunterricht wird aufgezeigt, wie durch ein neuartiges Werkzeug im Mathematikunterricht fachliche Aspekte zugänglich werden, die ohne dieses Werkzeug nicht oder nur schwierig vermittelt werden können, wie sich also Lernziele erweitern können. Das erste Programm dieser Art – CABRI-Géomètre (CAhier de BRouillon Interactif pour l'apprentissage de la géométrie) – kam 1988 auf den Markt. Neuere DGS – die bekanntesten neben CABRI-Géomètre sind Cinderella, Dynageo, Geometer's Sketchpad, GeoNext und Geogebra – bauen auf der Zirkel- und Lineal-Geometrie auf, aber stellen darüber hinaus auch weitere Werkzeuge oder Befehle wie die »Geodreiecksoperationen«, d.h. das Abtragen von Winkeln vorgegebener Größe, das Einzeichnen von Strecken bestimmter Länge sowie häufig benötigte Grundkonstruktionen wie das Zeichnen von Parallelen, Mittelsenkrechten oder Winkelhalbierenden, zur Verfügung. Schließlich finden sich in DGS auch Messfunktionen wie das Messen von Streckenlängen und Winkelgrößen (Weigand & Weth, 2002). Mit DGS können also anstelle von händischen Konstruktionen virtuelle Konstruktionen durchgeführt werden. Darüber hinaus ergeben sich aber deutliche Veränderungen gegenüber herkömmlichen Zeichenwerkzeugen. Vor allem kann mit DGS Konstruiertes über den sogenannten Zugmodus variiert werden, sodass Eigenschaften der zugrunde liegenden geometrischen Konstruktion unabhängig von der konkreten Realisierung betrachtet werden können. Auswirkungen dieser Variationen können über die sogenannte Ortslinienfunktion sichtbar gemacht werden, indem die Spur eines Punktes protokolliert wird (Abb. 1). Auf diese Weise ergeben sich neue didaktische Möglichkeiten: Der Satz des Thales ist ein zentraler Inhalt des Geometrieunterrichts: »Konstruiert man ein Dreieck aus den beiden Enden einer Strecke und einem beliebigen Punkt C des Halbkreises über der Strecke, so erhält man immer einen rechten Winkel bei C.« Die Umkehrung des Satzes lässt sich gut durch Dynamisierung mit einem DGS visualisieren: »Die Ortslinie aller Punkte C, die über einer



**Abb. 1:** Der Thaleskreis als Ortslinie. Die Spur des Punktes  $C$ , die durch Veränderung des Winkels  $\alpha$  am Schieberegler entsteht, ist durch graue Punkte lokalisiert.

gegebenen Strecke einen rechten Winkel mit den Endpunkten der Strecke bilden, ist ein Halbkreis über der Strecke.« (Abb. 1)

In der Mathematikdidaktik ist die Diskussion um mögliche Veränderungen fachlicher Lernziele durch neue bzw. digitale Medien schon älter. Sie wurde bereits im Zusammenhang mit der Einführung des Taschenrechners kontrovers geführt. 1972 kam der erste Taschenrechner auf den Markt. Zwischen 1976 und 1978 wurde er in den meisten (alten) Bundesländern im Mathematikunterricht – meist ab Klasse 7 – erlaubt, in der ehemaligen DDR dann ab dem Schuljahr 1984/1985. Mit dem Einsatz des Taschenrechners waren verschiedene Hoffnungen verbunden: insbesondere verstärkte experimentelle Schüleraktivitäten im Rahmen eines entdeckenden Lernens und Problemlösens, das wirklichkeitsnahe Behandeln von Anwendungsaufgaben durch realitätsadäquate Zahlen sowie das Entlasten von Tätigkeiten, die für die Lösung der anstehenden Aufgabe keine zentrale Bedeutung haben (GDM, 1978). Im Mit-

telpunkt der damaligen Diskussion stand die Frage, inwiefern der Einsatz des Taschenrechners zu den Lernzielen des Mathematikunterrichts beitragen kann, und es wurden bereits damals Forderungen nach einer tief greifenden Veränderung der Zielsetzungen des Mathematikunterrichts laut (Winkelmann, 1978).

Diese Hoffnungen, Forderungen und Zielsetzungen waren sehr (zu) euphorisch und wurden – wenn überhaupt – nur zu einem kleinen Teil erfüllt (Weigand, 2003). Die Diskussion über den Taschenrechnereinsatz wird auch heute noch fortgeführt und vor die Diskussion um das Potenzial zur Erweiterung fachlicher Lernziele ist die Diskussion um die vom Taschenrechner ausgehende Gefahr für das Erreichen fachlicher Lernziele getreten. Vor allem seitens der Hochschulen wird häufig im zu frühen Einsatz des Taschenrechners ein Grund für die mangelhaften bzw. angeblich sich verschlechternden Kenntnisse von Studienanfängern hinsichtlich basaler mathematischer Kompetenzen gesehen. Empirische Bestätigungen hierfür gibt es allerdings nicht, da entsprechende Tests aus der »Vor-Taschenrechner-Zeit« nicht vorliegen und heute der Taschenrechnereinsatz so verbreitet ist, dass ein Kontrollgruppen-Design schwierig zu realisieren wäre. Auch aus internationalen Untersuchungen wie PISA lassen sich keine Rückschlüsse auf Vor- oder Nachteile eines frühen Rechnereinsatzes ziehen. In seinen Bewertungen zu den Studien zum Taschenrechnereinsatz kommt Hattie (2013) zu dem Ergebnis, dass es »einen geringen, aber positiven Effekt« (S. 173) gibt, insbesondere, wenn der Taschenrechner zum Üben oder zur nachträglichen Kontrolle, also zur Verringerung der »kognitiven Last«, hinzugezogen wird. Eine aktuelle Untersuchung unter Hochschullehrenden der MINT-Studiengänge zeigt aber, dass der sichere Umgang mit Taschenrechnern und Computern zur Lösung von Aufgaben (z. B. einfache grafische Lösungsverfahren, aber auch kritische Betrachtung von Ergebnissen) als notwendige Voraussetzung für ein MINT-Studium gesehen wird (Pigge et al., 2017). Dies zeigt, dass es trotz einer kontroversen Diskussion um ihren Wert realiter erwartet wird, dass Kompetenzen im Umgang mit mathematischen Werkzeugen im Mathematikunterricht entwickelt werden.

### Beispiel: Bestimmungsschlüssel und Bestimmungs-Apps im Biologieunterricht

Das zweite Beispiel aus dem Biologieunterricht illustriert, wie bestimmte fachliche Lernziele – hier bezogen auf die Arbeitsweise der Bestimmung – durch die Veränderung der unterrichtlichen Mittel in den Hintergrund treten können.

Bestimmung beschreibt in der Biologie die Zuordnung eines individuellen Lebewesens (Pflanze, Tier, Pilz, Mikroorganismus) zu einer taxonomischen Einheit, meist der Art. Die Bestimmung gehört zu den fachspezifischen Arbeitsweisen der Biologie (Gropengießer et al., 2013). Die Bestimmung von Pflanzen, Tieren oder Pilzen erfolgt anhand charakteristischer Merkmale und wird im Biologieunterricht traditionsgemäß mithilfe von dichotomen Bestimmungsschlüsseln durchgeführt (Feketitsch, 2013). In jedem ihrer Bestimmungsschritte wird die Entscheidung zwischen zwei sich gegenseitig ausschließenden Ausprägungen eines Merkmals verlangt. Die Wahl für eine von zwei Beschreibungen führt zur nächsten Entscheidungsfrage und am Ende zum Bestimmungsergebnis. Bei der Verwendung dichotomer Bestimmungsschlüssel werden genaues Betrachten und das Erkennen von Ähnlichkeiten und Unterschieden geübt, was bei Lernenden die Fähigkeit zum Ordnen und Klassifizieren von Organismen fördern kann (Feketitsch, 2013; Gropengießer et al., 2013). Ergebnisse aus empirischen Studien weisen daraufhin, dass Lernende, die einen dichotomen Bestimmungsschlüssel verwenden, Arten sicherer unterscheiden und Kriterien präziser anwenden können als Lernende, die in den Bestimmungsübungen beispielsweise nur mit dem Objekt-Bild-Vergleich arbeiten (Feketitsch, 2013). Es sei darauf hingewiesen, dass die Bestimmung als klassische Arbeitsweise im wissenschaftlichen Fach Biologie mittlerweile seltener manuell als vielmehr computergestützt durchgeführt wird. Zudem werden zur Bestimmung neben morphologischen und anatomischen Merkmalen auch physiologische und molekulare Merkmale herangezogen.

Dichotome Bestimmungsschlüssel werden im Biologieunterricht meist nicht in digitaler Form, sondern in Papierform eingesetzt (Feketitsch, 2013). Oft wird – vor allem in unteren Klassenstufen – mit vereinfachten Bestimmungsschlüsseln gearbeitet. Sie stellen eine eingegrenzte Zahl an Arten dar, verdeutlichen dabei dennoch das Prinzip der dichotomen Bestimmung. Wird



**Abb. 2:** Bestimmungs-App für Bäume (Grafik: Jorge Groß)

im Biologieunterricht mit dichotomen Bestimmungsschlüsseln gearbeitet, bestehen neben der konkreten Benennung bestimmter Organismen (z. B. im Schulumfeld) die Lernziele darin, dass die Schülerinnen und Schüler die Fachmethode des Bestimmens erlernen und Organismen mithilfe dichotomer Schlüssel bestimmen können. Mit dem Aufkommen von Smartphones sind in den letzten Jahren zahlreiche Bestimmungs-Apps auf den Markt gekommen, die interessierten Laien das sichere und schnelle Bestimmen von Pflanzen und Tieren ermöglichen (z. B. Bestimmung heimischer Bäume, Vögel, Muscheln oder Schnecken). Die Apps verbergen den Prozess der Bestimmung und ermöglichen durch die Nutzung intelligenter Logik variable Bestimmungswege und fehlertolerante Artansprache. Es werden wenige Merkmale erfragt, die besonders hohes Differenzierungsvermögen haben und von Lernenden auch typischerweise unterschieden werden können. Am Ende erfahren die Nutzenden das »Ergebnis« (Abb. 2). Ein »Weg« zur gesuchten Art – klassisch entlang mehrerer zweigabeliger Entscheidungen (Entscheidungsbaum), bei denen jeweils zwei unterschiedliche Merkmale gegenübergestellt und verglichen werden – ist in der Regel nicht erkennbar.

Das Beispiel der Bestimmungs-App macht deutlich, dass die Lernziele, die auf den ersten Blick beim Thema »Bestimmung als biologische Arbeitsweise« relevant sind (wie »Lernende können Organismen mittels eines dichotomen

Bestimmungsschlüssels bestimmen«), durch das Medium App trivialisiert werden. Das Potenzial besteht also eher darin, Abläufe effizienter zu gestalten, indem Prozesse ausgelagert werden, und auf diese Weise kann die App gerade nicht zu dem genannten basalen Lernziel beitragen. Bei der eingangs vorgestellten App besteht diese Effizienz in der schnelleren und weniger fehleranfälligen Bestimmung von Organismen. Die Bestimmung als fachliche Arbeitsweise muss im engeren Sinne nicht mehr durchgeführt werden, sondern wird ausgelagert. Das Prinzip, Methoden oder Prozesse auszulagern und diese als »Black Box« zu nutzen, ist im Unterricht kein unübliches und auch kein neues Vorgehen (Pescheck, 1999), wie die Beispiele schriftliche Rechenverfahren (als effiziente Algorithmen) oder Taschenrechner aus der Mathematik illustrieren. Auf Ebene des Curriculums und der Klasse ermöglicht diese Auslagerung idealerweise eine effizientere Nutzung der Lernzeit, indem Schülerinnen und Schüler nicht ineffiziente Verfahren durchführen, sondern stattdessen Lerngelegenheiten für höherstehende Lernziele erfahren. Allerdings droht unter Umständen die Gefahr, dass das basale Verständnis für den ausgelagerten Prozess nicht entwickelt wird. Auf der Ebene des Individuums lässt sich die Auslagerung von Fachmethoden durch eine Verringerung des »Cognitive Load« erklären, sodass Kapazitäten für das Nachdenken über komplexere Prozesse genutzt werden können (Sweller, 1994).

Für das obige Beispiel der Bestimmungs-App bedeutet dies schlicht: Die App ist für das Erlernen der Fachmethode selbst nicht als geeignet zu bewerten, da der Weg des dichotomen Bestimmens für die Lernenden nicht sichtbar wird. Daraus folgt jedoch nicht per se, dass das Medium »schlecht« (oder »gut«) für den Biologieunterricht ist, vielmehr ist der Maßstab, der zugrunde gelegt werden sollte, immer das festgelegte Lernziel. Steht zum Beispiel das Erlernen des Bestimmens nicht im Fokus des Unterrichts, sondern soll eine größere Anzahl an Organismen möglichst schnell und sicher durch die Lernenden bestimmt werden, um z. B. eine Datenbank der Pflanzen auf den Schulhöfen der Umgebung zu erstellen, erweist sich die Nutzung einer Bestimmungs-App als zielführender. Mit der digitalen App ergeben sich also gegenüber dem herkömmlichen schülergeeigneten Bestimmungsschlüssel in Papierform, der durch die Reduktion auf wenige Arten bereits im Schulhof nicht mehr ausreicht, neue Möglichkeiten, und es können entsprechend andere Ziele verfolgt werden. So können beispielsweise eigene digitale Bestimmungsdaten in online verfüg-



bare Datenbanken eingespeist werden, wodurch Vergleiche im Vorkommen von Organismen in anderen Gebieten möglich werden. Damit wird zum Beispiel die Mitwirkung an größeren Citizen-Science-Projekten oder die Thematisierung des nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen und des Erhalts von Biodiversität erleichtert. Das Medium Bestimmungs-App ermöglicht es also, andere Lernziele, ggf. sogar als Alternative zu einem klassischen Lernziel, zu fokussieren.

Das Beispiel zeigt, dass sich eine Analyse des Mediums also nicht darauf beschränken kann, was das Medium charakterisiert und welche Funktionen es übernehmen könnte. Vielmehr ist jeweils von Interesse, auf welche Weise es in fachlichen Lehr-Lern-Prozessen eingesetzt werden soll. Das heißt, die Tiefenstruktur des Medieneinsatzes muss in den Blick genommen werden (s. Kapitel 6, S. 175). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich durch eine Veränderung der im Unterricht zur Verfügung stehenden Mittel auch größere Änderungen für das fachliche Lernen ergeben können.

## DISKUSSION

Aus fachdidaktischer Sicht greift eine pauschalisierende Diskussion von Medien und deren Einsatz im Fachunterricht im Sinne von »ja« oder »nein« bzw. »gut« oder »schlecht« stets zu kurz. Als erster Ansatzpunkt für eine differenzierte Diskussion erscheint insbesondere die funktionale Variabilität von Medien, also die Frage danach, welche Bandbreite an Funktionen ein bestimmtes Medium im fachlichen Lernprozess erfüllen kann, als geeignet. Während manche Medien eine eher geringe funktionale Variabilität (z. B. spezifische Modelle, Animationen) aufweisen, bestechen andere Medien gerade durch eine große funktionale Variabilität (z. B. dynamische Geometrie-Systeme, i. A. Programme). Die funktionale Variabilität von Medien wird dabei durch die Eigenschaften des Mediums, also u. a. durch die (technischen) Möglichkeiten und vor dem inhaltlichen Hintergrund bestimmt. Sie ist also im Kern die Antwort auf die Frage, für welche Lernziele ein Medium im Unterricht des jeweiligen Faches geeignet erscheint. Solche Fragen sind aber nicht allein unter Betrachtung des Mediums zu beantworten, sondern müs-

sen auf der anderen Seite berücksichtigen, dass fachliche Lernziele sich durch Veränderungen in den zur Verfügung stehenden Mitteln ebenfalls verändern oder erweitern können. Paradoxerweise scheint es – wie die obigen Beispiele zeigen – durch die Frage nach potenziellen medieninduzierten Veränderungen im Fachunterricht auch verstärkt notwendig, über bestehende Praktiken im Fachunterricht zu reflektieren (Hawkrigde, 1990).

Die aktuellen bildungspolitischen Dokumente (s. Kapitel 3, S. 55) formulieren als Leitlinie für den Medieneinsatz im Unterricht ein »Primat des Pädagogischen« (BMBF, 2016), womit wohl die Ausrichtung an pädagogischen Zielsetzungen im Allgemeinen gemeint ist. Aus fachlicher Sicht lässt sich daraus auch ein »Primat des Faches« ableiten. Daraus erwächst der Auftrag, innerhalb der Fächer, aber ggf. auch über die Fachdidaktiken hinweg aufzuzeigen, inwiefern mithilfe von adäquatem Medieneinsatz fachliche Lernziele möglichst gut realisiert werden können. Dabei sollten jedoch zwei Aspekte berücksichtigt werden: Zum einen kann aus der isolierten Betrachtung von Medien in Bezug auf ihre funktionale Variabilität noch keine Wertung bezüglich der Effektivität des Einsatzes abgeleitet werden (Peterßen, 1992), da die Bedingungen des Medieneinsatzes ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Zum anderen sollte nicht verkannt werden, dass fachliche Lernziele keine feste Größe sind, sondern ebenfalls historisch gewachsen und sich durch die zur Verfügung stehenden Mittel verändern können. Das Beispiel der dynamischen Konstruktion von Ortslinien mithilfe von DGS zeigt, dass digitale Medien die mit traditionellen Werkzeugen einhergehenden Begrenzungen überwinden können. Eine differenzierte und vergleichende Diskussion der fachlichen Potenziale von Medien kann dazu beitragen, den Fachunterricht hier neu zu orientieren und den anforderungs- und situationsgerechten Einsatz von Medien theoretisch zu fundieren.

## AUF EINEN BLICK

- Lehrkräfte müssen bei der Planung des Einsatzes von Medien die funktionale Variabilität des Mediums analysieren und die Wechselwirkung zwischen Lernziel und Medium betrachten.
- Die Auswahl und der Einsatz von Medien im Fachunterricht erfordern überdies eine genaue Analyse des geplanten Einsatzes.
- Eine pauschalisierende Bewertung von Medien als gut oder schlecht erscheint in diesem Licht nicht zielführend.
- Die vertiefte Beschäftigung mit den medieninduzierten Veränderungen ist notwendig und sollte die Reflexion bestehender Praktiken im Fachunterricht umfassen.

## LITERATUR

- Allen, W. H. (1967). Media stimulus and types of learning. *Audiovisual instruction*, 12(1), 27 – 31.
- BMBF (2016). Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMBF. Verfügbar unter: [www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive\\_fuer\\_die\\_digitale\\_Wissensgesellschaft.pdf](http://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf) (letzter Zugriff: 18.11.2016).
- Döring, K. W. (1969). *Lehr- und Lernmittel. Zur Geschichte und Theorie unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsmittel*. Weinheim: Beltz.
- Feige, B. (2006). Tafel- und Folienarbeit, Modelle und Beamereinsatz. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 399 – 404). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Feketitsch, D. (2013). *Eikes Baumschule. Entwicklung und Evaluation einer Online-Bestimmungshilfe für Kinder*. Verfügbar unter: <https://phka.bsz-bw.de/frontdoor/index/index/docId/7> (letzter Zugriff: 13.07.2017).
- GDM – Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (1978). *Stellungnahme der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik zum Einsatz von Taschenrechnern im Mathematikunterricht*. Verfügbar unter: [madipedia.de/images/c/c2/1978\\_02.pdf](http://madipedia.de/images/c/c2/1978_02.pdf) (letzter Zugriff: 08.10.2017).
- Greefrath, G. & Weitendorf, J. (2013). Modellieren mit digitalen Werkzeugen. In R. B. Ferri, G. Greefrath & G. Kaiser (Hrsg.), *Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule* (S. 181 – 201). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Gropengießer, H., Harms, U. & Kattmann, U. (2013). *Fachdidaktik Biologie*. Hallbergmoos: Aulis.
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Haug, R. (2012). *Problemlösen lernen mit digitalen Medien: Förderung grundlegender Problemlösetechniken durch den Einsatz dynamischer Werkzeuge*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Research.
- Hawkrige, D. (1990). Who needs computers in schools, and why? *Computers & Education*, 15(1–3), 1–6.
- Heidt, E. U. & Schwittmann, D. (1976). Medientaxonomien: ein kritischer Überblick. In L. J. Issing & H. Knigge-Illner (Hrsg.), *Beltz-Studienbuch: Vol. 95. Unterrichtstechnologie und Mediendidaktik. Grundfragen und Perspektiven* (S. 123 – 140). Weinheim: Beltz.
- Kerres, M. (2000a). Medienentscheidungen in der Unterrichtsplanung. Zu Wirkungsargumenten und Begründungen des didaktischen Einsatzes digitaler Medien. *Bildung und Erziehung*, 53, 19 – 39.
- Kerres, M. (2000b). Mediendidaktische Analyse digitaler Medien im Unterricht. *Computer+ Unterricht*, 10(1), 26 – 28.
- Kerres, M., Preussler, A. & Schiefner-Rohs, M. (2013). Lernen mit Medien. In R. Kuhlen, W. Semar & D. Strauch (Hrsg.), *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation: Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und -praxis* (S. 584 – 595). Berlin: de Gruyter.
- Knaus, T. (2011). Weiß ist das neue Grün – Pro und Contra digitaler Tafeln. In T. Knaus, O. Engel (Hrsg.), *fraMediale* (S. 161 – 176). München: kopaed.
- Kultusministerkonferenz (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Verfügbar unter: [www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf) (letzter Zugriff: 12.07.2017).
- Muth, J. (1976). Beurteilungs- und Auswahlkriterien für Unterrichtsmedien. In J. Hüther (Hrsg.), *Medienpädagogik* (S. 121 – 128). München: Nymphenburger Verlagshandlung.
- Nattland, A. & M. Kerres (2006). Computerbasierte Medien im Unterricht. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Padberg, F. & Benz, C. (2011). *Didaktik der Arithmetik: für Lehrerbildung und Lehrerfortbildung*. Heidelberg: Spektrum, Akad. Verlag.
- Peschek, W. (1999). Mathematische Bildung meint auch Verzicht auf Wissen. In G. Kadunz, G. Ossimiz, W. Peschek, E. Schneider & B. Winkelmann (Hrsg.), *Mathematische Bildung und Neue Technologien* (S. 263 – 270). Vieweg + Teubner Verlag.
- Peterßen, W. H. (1992). *Handbuch Unterrichtsplanung. Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen*. München: Ehrenwirth.
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Weinheim: Beltz.
- Pigge, C., Neumann, I. & Heinze, A. (2017). *MaLeMINT – Mathematische Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge. Eine Delphi-Studie mit Hochschullehrenden*. Kiel: IPN. Unveröffentlichter Kurzbericht. Verfügbar unter: [www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projektliste/malemint](http://www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projektliste/malemint) (letzter Zugriff: 12.07.2017).

- Remmele, M., Schmidt, E., Lingenfelder, M. & Martens, A. (2017, online first). The impact of stereoscopic imagery and motion on anatomical structure recognition and visual attention performance. *Anatomical Sciences Education*.
- Reusser, K. (2003). »E-Learning« als Katalysator und Werkzeug didaktischer Innovation. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 21(2), 176 – 191.
- Stickan, W. (2006). Nutzung von audiovisuellen Medien im Unterricht. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Eds.), *Handbuch Unterricht* (S. 399 – 404). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction*, 4(4), 295 – 312.
- Weigand, H.-G. (2003). Taschenrechner im Mathematikunterricht – Ein retrospektiver Vergleich der Diskussion und Vorgehensweise in der BRD und in der DDR. In H. Henning & P. Bender (Hrsg.), *Didaktik der Mathematik in den alten Bundesländern – Methodik des Mathematikunterrichts in der DDR. Bericht über eine Doppeltagung zur gemeinsamen Aufarbeitung einer getrennten Geschichte* (S. 205 – 216). Magdeburg, Paderborn: Universität Magdeburg, Universität Paderborn.
- Weigand, H.-G. & Weth, T. (2002). *Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen (Mathematik Primar- und Sekundarstufe)*. Heidelberg: Spektrum.
- Winkelmann, B. (1978). Taschenrechner und Fachdidaktik: Einige Strategische Perspektiven. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 10, 153 – 159.

## ÜBER DIE AUTOREN




---

**Julia Schwanewedel** ist seit 2017 Professorin für naturwissenschaftlichen Sachunterricht an der Humboldt-Universität zu Berlin. Von 2013 bis 2017 war sie Juniorprofessorin für Didaktik der Biologie am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Nach dem Lehramtsstudium der Fächer Biologie und Englisch an der Universität Oldenburg absolvierte sie das Referendariat. 2009 promovierte sie an der Universität Oldenburg. Von 2010 bis 2013 war sie Post-Doktorandin an der Universität Kassel. Ihre Forschungsinteressen umfassen das Argumentieren in den Naturwissenschaften, die Bedeutung schulischer Fachkulturen für Lehr-Lern-Prozesse sowie fachspezifische Kommunikations- und Repräsentationskompetenz.



---

**Anje Ostermann** ist seit 2016 Doktorandin in der Didaktik der Mathematik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Zuvor hat sie die Fächer Mathematik und Physik für das Lehramt an Gymnasien an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel studiert. In ihrer Arbeit interessiert sie sich für den Einsatz von Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.



---

**Hans-Georg Weigand** ist seit 2000 Professor für die Didaktik der Mathematik an der Universität Würzburg. Nach dem Studium der Fächer Mathematik und Physik für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Würzburg und anschließendem Referendariat arbeitete er bis 1986 als Lehrkraft an einem Gymnasium. Er promovierte 1989 in der Didaktik der Mathematik und habilitierte sich 1992 an der Universität Würzburg. Sein besonderes Interesse gilt dem Einsatz neuer Technologien beim Lehren und Lernen von Mathematik.

# MEDIENBEDIENUNG GLEICH MEDIENBENUTZUNG?

## Chancen und Herausforderungen beim Einsatz von Medien

*Andreas Mühling und Heidrun Allert*

Digitale Technologien haben in den letzten Jahren und Jahrzehnten nahezu jeden Bereich des täglichen Lebens verändert (vgl. Initiative D21 e.V., 2016a). Diese Veränderung betrifft zum einen die Endgeräte an sich, die immer kleiner und damit mobiler, dabei aber auch leistungsfähiger und vor allem vernetzter geworden sind. Zum anderen haben sich, einhergehend mit dieser Wandlung, auch die Software und unsere Art, mit Geräten zu interagieren, gewandelt: Die Bedienung per Touchscreen und Sprachsteuerung ist allgegenwärtig geworden und hat auch den Bereich der klassischen PCs erreicht. Software wird ebenfalls »mobiler« durch Webanwendungen bzw. Cloud-Dienste, die auf jedem Gerät verwendet werden können, ohne vorher installiert worden zu sein. Durch Apps auf mobilen Endgeräten wird Software auch »kleiner« bzw. spezifischer. Man besitzt eine App für die Einkaufsliste, eine App für die Busfahrpläne, eine App für den Paketdienst, eine App der Bank für das eigene Konto usw.

Durch die ständige Verfügbarkeit einer Internetanbindung hat sich das Verständnis von Software als einem Produkt, das man einmalig erwirbt, hin zu einem Service, für den man regelmäßig bezahlt, gewandelt. Abgesehen von der direkten Interaktion mit Endgeräten, die immer noch eine unmittelbare und haptisch erfahrbare Interaktion mit einem »Computer« ermöglicht, durchdringt die Digitalisierung in Form des »ubiquitous« bzw. »pervasive computing« aber auch viele andere Bereiche des modernen Lebens. So existiert praktisch kein Gerät mehr, in dem nicht in irgendeiner Form ein Prozessor bzw. ein damit verbundenes Computersystem eingebaut ist: Waschmaschinen, Kühlschränke, Küchengeräte, Autos usw. Durch die Vernetzung all dieser sogenannten »eingebetteten Systeme« untereinander entsteht das »Internet of Things«.

In diesem Kontext erscheint es nicht verwunderlich, dass die digitalen Technologien auch Einzug in den Schulunterricht halten. So spricht die Kul-

tusministerkonferenz in ihrem Strategiepapier zur Bildung in der digitalen Welt (KMK, 2016) auch von der »digitalen Revolution«, in Anlehnung an die industrielle Revolution, und bezeichnet den kompetenten Umgang mit den »neuen« Medien als Kulturtechnik. Grundsätzlich gilt es bei Medien im Unterricht zu unterscheiden, ob es sich um die Verwendung im Rahmen von Fachunterricht handelt oder ob es um die Thematisierung dieser Medien als Unterrichtsgegenstand an sich geht.

Dieses Kapitel erörtert, inwiefern eine Thematisierung von Medien als Unterrichtsgegenstand sowohl fachlich wie auch überfachlich eine notwendige Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz eines Mediums im Unterricht darstellt.

## MEDIEN IM DIGITALEN ZEITALTER

Die »neuen« Medien stellen die Bildungslandschaft vor einige Herausforderungen, allein schon in der Namensgebung. Oft werden die Begriffe »elektronische Medien« oder »digitale Medien« verwendet, um stellvertretend entweder mobile Endgeräte wie Smartphones oder Tablets, alle Arten von Rechnern oder auch nur die internetfähigen Endgeräte im Speziellen zu bezeichnen – etwa in der Charakterisierung, dass digitale Medien eine »flexible [...] Vernetzung der Nutzenden untereinander« ermöglichen (BMBF, 2016). Genauso verhält es sich mit der Thematisierung dieser Medien im Unterricht. Wurde hierfür 2009 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) noch der etablierte und inhaltlich schlüssige, wenn auch etwas allgemeine Begriff »Medienbildung« (BMBF, 2009) verwendet, ist es 2016 die »digitale Bildung« (BMBF, 2016), die aber nicht als Gegensatz zu einer »analogen« Bildung in Erscheinung tritt.

Auch die hin und wieder geäußerte Idee, soziale Plattformen wie Facebook in Bildungsszenarien einzusetzen, da die Zielgruppe sich dort bereits befindet – eine Idee, die auch außerhalb von Bildung gedacht wird (Spiegel Online, 2017a) –, wirft im Kern bereits die Frage auf, was ein Medium ist. Facebook könnte als Ort verstanden werden, wobei die technische Infrastruktur die Basis liefert: Plattform im Sinne einer neutralen Fläche, um Inhalte anzuzeigen.



Facebook könnte auch eine Ressource sein, die verfügbar ist, oder ein Werkzeug, das effektiv zur Erreichung eines vordefinierten Ziels eingesetzt werden kann. In Bildungsszenarien könnte Facebook auch zum Gegenstand der Auseinandersetzung, also zum Lehrinhalt im Unterricht, werden.

Der Duden definiert Medium als »vermittelndes Element« bzw. als »Einrichtung, organisatorischer und technischer Apparat für die Vermittlung von Meinungen, Informationen, Kulturgütern« und auch als »[Hilfs]mittel, das der Vermittlung von Information und Bildung dient (z. B. Buch, Tonband)« (Duden, 2017a).

Für das Beispiel Facebook ist eher der zweite Aspekt der Definition relevant, allerdings müsste man Facebook dann entweder als Einrichtung oder als »Apparat« begreifen, was der Realität in beiden Fällen nur bedingt gerecht wird. Der dritte Aspekt, Vermittlung von Information und Bildung, ist sicherlich der für den Einsatz eines Mediums im Unterricht maßgebliche. Werden weiterhin die im Duden genannten Beispiele Buch und Tonband, die reine Informationsträger meinen, betrachtet, so sind elektronische bzw. digitale Medien nichts »Neues« – die digitalisierte Version eines Tonbandes, das auf einer DVD vorliegt, oder ein Tablet, das dazu benutzt wird, um einen Film abzuspielen, stellen nur oberflächliche Veränderungen der spezifischen Erscheinungsformen der Informationsträger dar, und es wird lediglich die Grenze zwischen Informationsträger und Wiedergabegerät aufgehoben. Auch Lister und Kollegen verweisen auf die dem Begriff »neue Medien« zugrunde liegende Annahme, dass es sich um einen Bruch handelt, der zwischen den »alten« und »neuen« Medien bzw. auch zwischen den »digitalen« und »analogen« Medien verläuft (Lister et al., 2010). Oftmals stellen, so Lister et al., allerdings die »neuen digitalen Medien« nur eine überarbeitete und ergänzte Version der »alten analogen Medien« dar (s. Kapitel 3, S. 55).

Tatsächlich liegt das wirklich »Neue« darin, dass informationsverarbeitende Systeme dem Nutzer die selbstständige Veränderung und Unterstützung von Vermittlungsprozessen ermöglichen, da sie eine sehr hohe funktionale Variabilität aufweisen (s. Kapitel 1, S. 14). Ein Tablet kann mehr leisten, als Speicher und Abspielgerät für Audiodateien oder Screen-Reader für Texte zu sein. So könnten mit einem Tablet allein typischerweise bereits Videos aufgenommen und bearbeitet werden und diese dann z. B. im Rahmen eines Wikis zusammen mit selbst erstellten und referenzierten Texten als große Samm-

lung von aufgearbeiteten Informationen anderen zur Verfügung gestellt werden. Auch damit sind die Möglichkeiten eines Tablets allerdings noch lange nicht ausgeschöpft. Da es sich bei jedem Tablet auch um einen programmierbaren Allzweckrechner handelt, kann der Nutzer in letzter Instanz durch die Entwicklung von geeigneter Software bis an die Grenzen des überhaupt mit Computern Möglichen, im Sinne der in der theoretischen Informatik gezeigten Grenzen des Berechenbaren, vordringen. Hier wird nun allerdings auch offensichtlich, dass entlang dieses Kontinuums, das vom »neuartigen Abspielgerät« auf der einen Seite zum »frei programmierbaren Universalwerkzeug« auf der anderen Seite eine Grenze existieren muss, bis zu der noch sinnvoll angenommen werden kann, dass auch ohne eine explizite Thematisierung dieses Mediums als Unterrichtsgegenstand ein effektiver Unterricht für die Schülerinnen und Schüler möglich ist und Lernprozesse tatsächlich unterstützt werden können.

An dieser Stelle ist es notwendig, die bereits im Titel des Kapitels getroffene Unterscheidung zwischen der »Bedienung« und der »Benutzung« von Medien näher zu spezifizieren. Eine Benutzung hat im direkten Wortsinne einen »Nutzen« bzw. ein »Ziel«. Die Bedienung hingegen zielt auf die – häufig rein mechanischen – Fertigkeiten ab, die die Interaktion mit einem Medium erfordert. Für einen Taschenrechner umfasst die Bedienung also beispielsweise, dass man mit der grundsätzlichen Funktionsweise vertraut ist und weiß, wie man die nötigen Operatoren, Klammern etc. eingibt. Die Benutzung hingegen beschreibt die zielgerichtete Bedienung eines Taschenrechners, um für ein mathematisches Problem zu einer Lösung zu gelangen. Offensichtlich bedingt die Fertigkeit zur Medienbenutzung auch Fertigkeiten in der Medienbedienung. Darüber hinaus sind für eine erfolgreiche Medienbenutzung meistens auch Fertigkeiten in der Domäne des »Nutzungsziels« – im Taschenrechner-Beispiel die Mathematik – erforderlich.

Alle Medien benötigen eine »Bedienkompetenz« – und sei es das Lesen – sowohl seitens der Schülerinnen und Schüler wie auch seitens der Lehrkräfte. Auch hier stellen die digitalen Medien keinen Bruch zum bisher Dagewesenen dar. Der Unterschied ist lediglich darin begründet, dass diese Medien einerseits einen zentralen Stellenwert im Leben jeder Schülerin bzw. jedes Schülers einnehmen, die Bedienung und die Benutzung allerdings bisher (scheinbar) wie angeborene Fertigkeiten betrachtet werden. Das Beispiel Facebook

verdeutlicht außerdem einen weiteren Aspekt, der bei einer Mediennutzung durch Schülerinnen und Schüler selbst eine Rolle spielt. Auch technische Objekte stehen nicht als Sphäre außerhalb der Gesellschaft und sind somit Teil sozialer Prozesse. Medien transformieren die Art und Weise des Umgangs mit Wissen. Medien transformieren aber unweigerlich auch epistemische, pragmatische und soziale Aspekte im Lehr-Lern-Prozess (Paavola et al., 2012; Rabardel & Beguin, 2005). Durch die Interaktion mit einem Medium entstehen Praktiken bzw. Handlungsmuster, die den Umgang mit dem Medium steuern. Diese bilden sich selbst oder werden als Teil eines sozialen Prozesses übernommen (Hörning, 2001; Trouche, 2004).

## DIGITAL NATIVES UND DIGITAL DIVIDE

In seinem Artikel stellt Prensky die These auf, dass Personen, die bereits von klein auf mit digitalen Medien vertraut sind, fundamentale Unterschiede zu Personen aufweisen, die in ihren frühen Kindheitsjahren ohne diese Medien aufgewachsen sind (Prensky, 2001). Während er dabei hauptsächlich auf die Veränderungen in den Denkprozessen der Schülerinnen und Schüler – z. B. durch eine erhöhte Fähigkeit für parallele Informationsaufnahme – abzielt, ist der Begriff der »digital natives« in der Gesellschaft heute untrennbar mit der Idee verbunden, dass Kinder und Jugendliche autodidaktisch bzw. »ganz nebenbei« die nötigen Fertigkeiten für die kompetente Benutzung eines Smartphones oder Ähnlichem erwerben. So definiert beispielsweise der Duden den Begriff lediglich als »Person, die mit digitalen Technologien aufgewachsen ist und in ihrer Benutzung geübt ist« (Duden, 2017b). Auch wenn es aus vielerlei Hinsicht bequem erscheint, davon auszugehen, dass alle Schülerinnen und Schüler über ausreichende Kompetenzen im Umgang mit digitalen Technologien verfügen, so kann diese »Geübtheit«, wie auch eine eventuell andersartige Denkstruktur, offensichtlich nur dann entstehen, wenn ein Kind tatsächlich mit Zugang zu den entsprechenden Geräten aufgewachsen ist. Das Geburtsjahr allein entscheidet – im Gegensatz zu Prenskys ursprünglicher Behauptung – noch nicht über den Status des »digital natives«. Während dieser sogenannte »first digital divide« inzwischen als überwunden

gilt – ein Zugang zu digitalen Geräten ist wenigstens für Deutschland und viele andere Länder flächendeckend gegeben –, besteht weiterhin ein »second digital divide«: Das Einkommen des Elternhauses bzw. der sozioökonomische Status hat einen maßgeblichen Einfluss darauf, wie bzw. wofür die vorhandenen digitalen Medien genutzt werden (vgl. OECD, 2015). Es ist offensichtlich, aber dennoch wichtig zu bemerken, dass es sich hierbei trotzdem lediglich um eventuell autodidaktisch erworbenes Vorwissen und – maßgeblich – eine »Gewöhnung« an digitale Technologien handelt: »Erhöhte angeborene Kompetenzen sind mit dem Status [digital native] nicht verbunden« (Diethelm, 2016).

Es gibt Versuche, die Ausprägung der tatsächlich vorhandenen Fertigkeiten der »digital natives« zu operationalisieren und zu erheben. Die diversen Konzepte der »Literacy«, die diesen Operationalisierungen zugrunde liegen, unterscheiden sich stellenweise deutlich voneinander. Allerdings lässt sich allgemein festhalten, dass es verschiedene Ebenen gibt, die in verschiedenen Modellen immer wieder auftauchen.

1. Technische Ebene: Hierzu gehört neben dem tatsächlichen Bedienen eines Gerätes oft auch grundlegendes Wissen über die Funktionsweise von Computern.
2. Bediener-Ebene: Hier geht es üblicherweise um das Bedienen von Standardsoftware sowie um Fertigkeiten, die sich auf Betriebssystemebene abbilden, etwa Operationen auf Dateisystemen.
3. Informations-Ebene: Neben den Fertigkeiten der Bedienung sind üblicherweise auch klassische Kompetenzen der Medienbildung, wie die Fähigkeit zur Recherche oder die Bewertung von Quellen, Aspekte der entsprechenden Modelle. Auch ein selbstbestimmter Umgang mit Daten sowie Aspekte der Informationssicherheit werden hierunter aufgeführt.
4. Medien-Ebene: Hierbei geht es um das Erschaffen und Verändern von digitalen Artefakten, etwa einer PowerPoint-Präsentation, oft mithilfe von vorab recherchierten Inhalten. Hier fließen also die vorherigen Aspekte bereits als notwendige Voraussetzung mit ein.

Diese Ebenen finden sich bereits in den ursprünglich von der UNESCO definierten Begriffen der »Computer Literacy«, »Information Literacy« sowie

»Media Literacy« wieder. Die Computer Literacy wiederum teilt sich in »Hardware Literacy« und »Software Literacy«, womit dann genau die vier Ebenen abgedeckt werden (vgl. Stechert, 2009). Diese Ebenen umfassen also sowohl die reine Bedienung (Technische Ebene und Bediener-Ebene) wie auch die Benutzung (Informations- und Medien-Ebene), allerdings bewusst in einer Domäne, die sich nicht direkt auf ein spezifisches Schulfach abbilden lässt. Meist zielen die Konstrukte auf ein selbstbestimmtes Leben im Informationszeitalter ab. Auf Basis dieser Facetten gibt es diverse Erhebungen, die die Fertigkeiten in der Mediennutzung in verschiedenen Kontexten erheben.

Der D21-Digitalindex (Initiative D21 e.V., 2016a) etwa untersucht mithilfe eines Selbsteinschätzungstests, wie kompetent die deutsche Bevölkerung im Umgang mit digitalen Geräten ist. Das verwendete Kompetenzmodell basiert auf dem Europass der EU. Es umfasst die Themenbereiche »Datenverarbeitung/Information«, »Kommunikation«, »Erstellung von Inhalten«, »Sicherheit« und »Problemlösung«. Eine Zuordnung zu den oben erwähnten Ebenen ist inhaltlich einfach möglich, auch wenn ein stärkerer Fokus auf die Aspekte der Computer Literacy gelegt wird.

In einer Sonderstudie derselben Initiative zum Themenbereich Digitalisierung in der Schule (Initiative D21 e.V., 2016b) zeigt sich hinsichtlich der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte ein durchwachsendes Bild: So werden zur Unterrichtsvor- und -nachbereitung diverse digitale Medien genutzt, allerdings nur sporadisch. Unter den Nennungen, die seitens der Schülerinnen und Schüler über 50 % Zuspruch hinsichtlich einer Nutzungshäufigkeit von mindestens einmal pro Woche oder mehr haben, finden sich lediglich Videoportale (59 %), Online-Lexika (67 %), fachspezifische Websites (56 %) und Messenger-Dienste (68 %). Bei den Lehrkräften sind es nur Online-Lexika und fachspezifische Websites. Eine regelmäßige private Nutzung von Videoportalen (85 %) und Messenger-Diensten (79 %) lässt allerdings vermuten, dass hinsichtlich dieser Medienformen wenigstens eine Bedienkompetenz unter den Kindern und Jugendlichen weit verbreitet ist.

Im Rahmen der ICILS-Studie wurde 2013 in internationalem Rahmen untersucht, inwieweit Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse – die zu diesem Zeitpunkt also alle potenzielle »digital natives« waren – über eine »Computer and Information Literacy« (CIL) verfügen. Dieses Konstrukt ist definiert als die Fertigkeit, Computer für die Recherche, das Erschaffen von digitalen

Artefakten sowie zur Kommunikation zu verwenden, um damit erfolgreich am gesellschaftlichen Leben, an der Schule wie auch an der Arbeitswelt teilhaben zu können (Fraillon et al., 2014). Das Konstrukt basiert auf zwei Strängen, die sich mit dem Sammeln und Verwalten sowie dem Erschaffen und Austauschen von Informationen befassen. Auch hier werden wieder alle oben erwähnten Ebenen berührt, allerdings mit einem Schwerpunkt auf der Informations- und Medien-Ebene.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler in Deutschland hinsichtlich des Konstrukts CIL im internationalen Vergleich im Mittelfeld liegen. Im Rahmen der Studie wurden vier Niveaustufen definiert. Auf dem untersten Niveau können die Jugendlichen etwa Links in einem Browser in einem neuen Tab öffnen oder ein Bild in ein Dokument einfügen. Auf dem höchsten Niveau können die Jugendlichen die Verlässlichkeit von Informationen auf einer kommerziellen Webseite eines Produkts einschätzen oder aus einer großen Anzahl an Suchergebnissen ein geeignetes Element auswählen (Fraillon et al., 2014). Lediglich 1% der Jugendlichen in Deutschland erreicht das oberste Niveau. 75% der Schülerinnen und Schüler hingegen sind auf den untersten zwei Niveaus oder sogar noch darunter angesiedelt.

Hierbei muss natürlich berücksichtigt werden, dass es bisher keine allgemein verbindliche schulische Ausbildung gibt, die die gemessenen Konstrukte im Unterricht thematisiert. Es wird daher der »Ist-Stand« der größtenteils autodidaktisch erworbenen Fertigkeiten der Bedienung und Benutzung von digitalen Medien erhoben. Durch die nun geforderten, verbindlichen Kompetenzen der KMK-Strategie (KMK, 2016) soll in Zukunft eine flächendeckende Ausbildung erfolgen, die wesentliche Aspekte des Konstrukts CIL aufgreift.

## DIGITALE MEDIEN IM UNTERRICHT

Nach dem Berliner Modell (Peterßen, 1983) zur Unterrichtsplanung erfolgt die Gestaltung von Unterricht entlang der vier »Entscheidungsfelder« Intention, Inhalt, Methode und Medium und baut auf den Voraussetzungen der Lernenden (anthropogen sowie soziokulturell) auf. Die Entscheidungsfelder stehen allesamt in Wechselwirkung zueinander. Digitale Artefakte können Unter-

richtsgegenstand, Unterrichtsmittel oder Gestaltungsmittel sein (Diethelm, 2016). Hier finden sich also die Entscheidungsfelder Inhalt, Methode und Medium wieder.

Natürlich müssen die Schülerinnen und Schüler mit einem Medium hinreichend vertraut sein, um einen sinnstiftenden Einsatz im Fachunterricht gewährleisten zu können. Am Beispiel des Lesens wird deutlich, wie viel Vorarbeit für einen Medieneinsatz im Unterricht vonnöten sein kann: Neben dem tatsächlichen Erwerb von Lese- und Schreibfertigkeiten werden auch das sinnentnehmende Lesen, die kritische Auseinandersetzung mit Textquellen sowie die Fertigkeiten, mithilfe dieses Mediums Informationen zu recherchieren, über viele Jahre hinweg und beginnend ab der ersten Klasse im Unterricht thematisiert. Wird ein Medium nicht als Unterrichtsgegenstand thematisiert, so muss davon ausgegangen werden, dass die nötigen Bedien- bzw. Benutzungskompetenzen bereits als Teil der Voraussetzungen des Unterrichts als gegeben angenommen werden können – wie man es zum Beispiel bei der Verwendung von Lehrfilmen im Unterricht üblicherweise handhabt.

Genauso wie die Schülerinnen und Schüler müssen natürlich auch die Lehrkräfte über die Bedien- bzw. Benutzungskompetenz verfügen, um ein Medium sinnvoll im Unterricht einzusetzen. Diese sind mindestens notwendig, um die Lehrkräfte zu didaktisch-methodischen Entscheidungen für oder gegen den Einsatz eines bestimmten Mediums zu befähigen. Auch hier entsteht durch die »neuen« Medien kein prinzipieller Bruch zu den »alten« Medien. Lehrkräfte müssen auch mit einem Whiteboard bzw. einem Filmprojektor umgehen können und Entscheidungen für oder gegen den Einsatz im Unterricht treffen. Es ist aber zumindest davon auszugehen, dass die »neuen« Medien einerseits durch ihre Neuartigkeit eine Herausforderung für die Lehrkräfte darstellen und andererseits durch die große Variabilität der digitalen Medien die notwendigen Kompetenzen deutlich anspruchsvoller sind als für klassische Medien.

Mishra und Koehler stellen daher mit dem TPACK<sup>1</sup>-Ordnungsrahmen eine Erweiterung des klassischen Professionswissensmodells (Shulman, 1986) vor, der die Aspekte der Medienbenutzung im Unterricht als eigenständige Facette des Handlungswissens von Lehrkräften in den etablierten Kanon

---

1 TPACK steht für Technological Pedagogical And Content Knowledge.

aus »pedagogical knowledge« und »content knowledge« einfügt (Mishra & Koehler, 2006). Die neu hinzugekommene Facette »technical knowledge« beschreibt die kompetente Nutzung eines Mediums. In Analogie zur Mischform des »pedagogical content knowledge« im klassischen Professionswissensmodells gibt es nach dem TPACK-Ordnungsrahmen auch neue Mischformen wie etwa »technical content knowledge« oder »technical pedagogical knowledge«, die Lehrkräfte zur professionellen Planung und Umsetzung von Unterricht mit digitalen Medien benötigen. Diese beschreiben das Wissen zum sinnvollen Medieneinsatz im Fach einerseits wie im Unterricht allgemein andererseits. Beide Aspekte müssen natürlich in der Unterrichtsplanung von Lehrkräften berücksichtigt werden.

Doch auch diese Strukturierung des Handlungswissens ist noch nicht vollständig hinsichtlich der didaktisch-methodischen Überlegungen, die eine Lehrkraft tätigen muss: Sobald bereits vorhandene Plattformen wie Facebook oder WhatsApp (Spiegel Online, 2017b) zum Einsatz kommen sollen, zeigt sich, dass neben den von dem technischen Objekt vorgegebenen Strukturen, Möglichkeiten und Grenzen auch die bereits etablierten Praktiken der Nutzerinnen und Nutzer eine ganz wesentliche Rolle spielen. Die Lernenden werden die Praktiken, die sie bereits mit Facebook, Instagram, Snapchat o. Ä. vorab entwickelt haben, zunächst auch im Lernkontext reproduzieren, solange sie dort keine neuen, geteilten Praktiken erwerben. Der Begriff des Mediums, wie er eingangs definiert wurde, berücksichtigt die Seite der Benutzerin bzw. des Benutzers allerdings nicht. Bei digitalen Medien müssen diese aber stets mitgedacht werden, da diese Medien oftmals inhärent eine sehr große Bandbreite an sinnstiftenden Verwendungsmöglichkeiten bereithalten. Facebook kann beispielsweise dazu verwendet werden, eine digitale Sammlung aller Fotos einer Person zu sein, oder zur Kommunikation mit Freunden. Es kann verwendet werden, um neue Partner für ein Hobby zu finden oder sich über die neuesten Aktivitäten einer Band sowie über das Tagesgeschehen zu informieren. Am Beispiel Facebook wird auch die Wandelbarkeit der digitalen Medien und ihre Verbreitung deutlich – die aktuelle Generation von Schülerinnen und Schülern befindet sich nur noch zu einem kleinen Teil bei Facebook (vgl. Feierabend et al., 2016), eine Verwendung im Unterricht wäre also – wenigstens aus dem Gesichtspunkt der Verbreitung – bereits zu überdenken. Dieser Aspekt wird im Rahmen des TPACK-Ordnungsrahmens nur unzurei-



chend berücksichtigt, da die Wandelbarkeit der digitalen Medien weder rein technischer Natur ist noch die Bereiche des Fachspezifischen oder Pädagogischen berücksichtigt. Im Sinne des Berliner Modells kann und muss man diese Nutzungspraktiken als Teil der soziokulturellen Voraussetzungen fassen, die die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht mitbringen. Die didaktischen Entscheidungen entlang der miteinander in Beziehung stehenden Felder Inhalt, Medium, Intention und Methode können keinen Einfluss darauf nehmen.

Die Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz und die Flexibilität hinsichtlich der Anwendungsfelder sind miteinander interagierende Variablen, die häufig in einem Spannungsverhältnis stehen: Je weniger spezifisch der Zweck ist, desto mehr Fertigkeiten werden im Allgemeinen von den Schülerinnen und Schülern für einen sinnvollen Einsatz verlangt. Zwei Beispiele sollen diesen Zusammenhang für den Physik- und Mathematikunterricht verdeutlichen.

Das Smartphone bietet diverse Sensoren an, deren Daten im Rahmen von Experimenten genutzt werden können, um die Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen zu verifizieren (siehe z. B. Klein et al., 2017). Möchte man nicht nur demonstrierte Experimente durch die Lehrkraft im Unterricht, so gibt es verschiedene Szenarien, wie Schülerinnen und Schüler selbst mit dem Smartphone arbeiten könnten. Wenn man ihnen eine spezifische App zur Verfügung stellt, mit der sie z. B. eine Messung des Beschleunigungssensors starten können und die Ergebnisse anschließend didaktisch geeignet, grafisch aufbereitet, präsentiert bekommen, so sind die nötigen Fertigkeiten zur Datenerhebung und Aufbereitung seitens der Schülerinnen und Schüler gering. Es muss dann lediglich bekannt sein, wie die typische App-Bedienung auf dem vorhandenen Gerät funktioniert. Die Einsatzmöglichkeiten einer solchen App sind allerdings ebenfalls beschränkt. Man könnte eine solche App nun dahingehend erweitern, dass die Messdaten von verschiedenen, durch die Benutzerinnen und Benutzer auszuwählenden Sensoren aufgezeichnet und anschließend als Datei zur Verfügung gestellt werden. Die Daten können dann, je nach Format, z. B. in einer Tabellenkalkulation auf ihre Zusammenhänge hin untersucht oder grafisch dargestellt werden. Die Flexibilität einer derart erweiterten Lösung ist deutlich größer – es können nun verschiedenste Experimente durchgeführt werden und deren Daten verglichen werden. Al-

lerdings müssen die Lehrkräfte und auch die Schülerinnen und Schüler nun neben den Fähigkeiten zur Datenaufbereitung auch über technische Fertigkeiten hinsichtlich des Datenaustausches und ggf. auch hinsichtlich der Datenweiterverarbeitung verfügen.

Im Mathematikunterricht ist der Einsatz eines einfachen Funktionsplotters denkbar, z. B. indem die entsprechende Funktion bei Wolfram Alpha eingegeben wird. Hier müssen die Schülerinnen und Schüler lediglich über die Fertigkeiten der Bedienung einer Webseite sowie der grundlegenden mathematischen Notation verfügen. Wird ein allgemeineres System wie GeoGebra eingesetzt, so werden die Möglichkeiten flexibler, beispielsweise können Veränderungen am Graphen in Bezug auf die zugehörigen Änderungen am Funktionsterm exploriert werden. Allerdings müssen dazu die Fertigkeiten der Bedienung einer spezifischen Software vorliegen. Diese müssen – da es sich um ein mathematikspezifisches Werkzeug handelt – innerhalb des Fachunterrichts vermittelt werden, bevor eine sinnstiftende Benutzung erwartet werden kann. Geht man einen Schritt weiter, so bietet es sich auch an, frei programmierbare Computeralgebrasysteme wie Mathematica oder Maple zu verwenden. Hier sind die Möglichkeiten nochmals deutlich flexibler, allerdings müssen die Schülerinnen und Schüler – wie auch die Lehrkräfte – nun bereits mit einer einfachen Programmiersprache mit dem System interagieren können.

Natürlich ist es aus Sicht der Lehrkräfte – und auch der Schülerinnen und Schüler – zu begrüßen, wenn es Werkzeuge für spezifische Lerngelegenheiten gibt, insbesondere, weil die dafür notwendigen Fertigkeiten oft eher gering sind. Da die Entwicklung solcher Werkzeuge allerdings aufwendig und im Allgemeinen nicht von Lehrkräften selbst zu bewältigen ist, muss immer auch auf die allgemeinen Werkzeuge zurückgegriffen werden, z. B. in Form von Tabellenkalkulationsprogrammen. Die dafür notwendigen Fertigkeiten müssen dann allerdings seitens der Schülerinnen und Schüler – und natürlich auch seitens der Lehrkräfte – vorhanden sein.

Das Verwenden dieser allgemeinen Werkzeuge hat über die Ökonomie hinaus auch einen pädagogischen sowie einen allgemeinbildenden Nutzen: Die Verwendung von Tabellenkalkulationsprogrammen in verschiedenen Unterrichtsszenarien beispielsweise führt natürlich hoffentlich auch dazu, dass die Schülerinnen und Schüler diese in ihrem Alltag einsetzen können. Darüber hinaus kann durch die Verwendung von allgemeinen Werkzeugen ein stär-

kerer Bezug zu den uns umgebenden informationsverarbeitenden Prozessen erzeugt werden. So können beispielweise algorithmische Technologien dazu eingesetzt werden, mehr oder weniger umfangreiche Datensätze zu explorieren. Die Exploration kann dazu dienen, mögliche Muster zu entdecken, Verläufe zu rekonstruieren oder auch kritische Ereignisse zu identifizieren. Im Sinne eines erkenntnis- und sinnstiftenden Prozesses kann bzw. muss dabei sowohl die Sammlung der Daten, die Auswahl und Formulierung der Algorithmen wie auch die Interpretation der Ergebnisse in den Händen der Lernenden verbleiben. Beispiele für entsprechende Technologien sind Plattformen zur gemeinsamen Datenaggregation und -analyse oder auch Ansätze, die es ermöglichen, digitale Interaktionsverläufe der Kollaboration nach selbst definierten Mustern zu durchsuchen (z. B. Paralič et al., 2011).

## FAZIT

Die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes (digitales) Medium im Unterricht obliegt letztlich der Lehrkraft. Damit diese Entscheidung überhaupt getroffen werden kann, benötigt eine Lehrkraft entsprechendes technisches, fachdidaktisches und medienpädagogisches Wissen. Die Frage, wie ein bestimmtes Medium funktioniert, wie es den Lernerfolg hinsichtlich eines Unterrichtsthemas positiv beeinflussen kann und inwiefern man die Lernenden mit diesem Medium konfrontieren kann, sind in der Unterrichtsplanung stets neu zu berücksichtigen.

Ein Aspekt der mitunter komplexen wechselseitigen Beziehungen, die einen sinnstiftenden Einsatz ermöglichen oder behindern, ist die Bediener- bzw. Benutzerfertigkeit der Schülerinnen und Schüler – wie auch der Lehrkräfte selbst. Während die reine Bedienkompetenz bei den typischen Endgeräten heute, wenigstens ab der Sekundarstufe, als vorhanden angenommen werden kann, ist die Benutzerkompetenz sehr viel heterogener ausgeprägt. Hier spielen neben dem »secondary digital divide« auch soziale Prozesse und Praktiken der Nutzung allgemein und im jeweiligen Fach eine Rolle, die den Umgang der Schülerinnen und Schüler mit einem Medium prägen.

Ein fundamentales Problem der Definition von »Literacy« im Sinne von

Bediener- bzw. Benutzerkompetenz im Zusammenhang mit digitalen Medien bleibt bisher unberücksichtigt: Durch die sich ständig verändernden Möglichkeiten und verfügbaren Geräte ändern sich die für Bedienung und Benutzung erforderlichen Kompetenzen ebenfalls beständig (CSTA, 2011). Interessanter ist also eine zugrunde liegende Fertigkeit: sich über die aktuellen Ausprägungen hinaus mit der Benutzung der Systeme zurechtzufinden und daher auch mit neuen, noch unbekanntem Gerätearten, Betriebssystemen, Programmen oder Datenformaten arbeiten zu können. Diese kann aber in der gegenwärtigen Bildungslandschaft in Deutschland nicht als gegeben angenommen werden, da die entsprechenden Kompetenzen nicht systematisch als Teil der allgemeinen Schulbildung thematisiert werden.

Unter dem Titel »Tiefgreifendes Verständnis statt Benutzerfertigkeit« argumentiert Hubwieser (2005) dafür, dass genau diese Kompetenzen auf natürliche Weise in einem Fach Informatik Eingang finden. Im Fach Informatik sind digitale Medien immer zugleich Unterrichtsinhalt und Unterrichtswerkzeug. Entsprechend wird diese Dualität in der Fachdidaktik auch als Methode zur didaktischen Rekonstruktion bereits grundlegend explizit mitgedacht. So schlägt Schulte (2009) eine Trennung hinsichtlich »Struktur« und »Funktion« eines Mediums vor, wobei die Struktur die nach außen sichtbare und den Schülerinnen und Schülern oftmals bereits bekannte Wirkweise eines Mediums ist und die Funktion die dahinterliegenden allgemeinen informatischen Konzepte bezeichnet. Eine analoge Sichtweise bietet sich auch für andere Fächer an, in denen, wie in diesem Kapitel dargestellt, die Medienutzung auch an geeigneten Stellen aus fachlicher Sicht vorbereitet werden muss: Während die nach außen sichtbare Wirkweise das ist, was man seitens der Lernenden voraussetzen muss, sind die zugrunde liegenden Fachkonzepte, die anhand dieses Mediums deutlich werden (sollen), die Funktion dieses Mediums im Unterricht. Für einen Taschenrechner könnte das etwa der Unterschied zwischen einer exakten Bruchdarstellung oder einer gerundeten Dezimaldarstellung sein.

Je spezifischer ein digitales Medium zu einer bestimmten Lerngelegenheit passt, desto aufwendiger sind typischerweise die Vorarbeiten (z. B. Programmierung einer bestimmten App) und desto geringer sind aber meist auch die von den Schülerinnen und Schülern geforderten überfachlichen Benutzerkompetenzen. Die flexiblen Möglichkeiten digitaler Medien und die dafür

notwendigen Vorkenntnisse stehen also in einer wechselseitigen Abhängigkeit zueinander, und eine Lehrkraft muss die Entscheidung für oder gegen den Medieneinsatz in einem bestimmten Kontext anhand dieser Abhängigkeiten treffen.

### AUF EINEN BLICK

- Sinnstiftender Einsatz von digitalen Medien im Unterricht benötigt über die reine Bedienung hinausgehende, fachlich geprägte Benutzerkompetenzen der Schülerinnen und Schüler.
- Die Ergebnisse von nationalen und internationalen Studien zeigen, dass diese aktuell individuell sehr verschieden stark ausgeprägt und damit sehr heterogen sind.
- Auch Lehrkräfte benötigen diese Benutzerkompetenz, aber auch weiter reichende Kompetenzen zur Unterrichtsplanung und -gestaltung mit digitalen Medien.
- Neben dem technischen, fachdidaktischen und pädagogischen Wissen müssen Lehrkräfte bei bereits existierenden Medien und Geräten auch immer die im sozialen Prozess etablierten Praktiken der Schülerinnen und Schüler in der Unterrichtsplanung berücksichtigen.

### LITERATUR

- BMBF (2009). *Kompetenzen in einer digital geprägten Kultur: Medienbildung für die Persönlichkeitsentwicklung, für die gesellschaftliche Teilhabe und für die Entwicklung von Ausbildungs- und Erwerbsfähigkeit*. Berlin.
- BMBF (2016). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft: Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. Berlin.
- CSTA. (2011). *K-12 Computer Science Standards: Revised 2011*. New York: ACM.
- Diethelm, I. (2016). Digitale Bildung für den stetigen Wandel. *Pädagogische Führung*, (4), 124 – 127.
- Duden (2017a). *Medium*. Verfügbar unter: [www.duden.de/node/651831/revisions/1368505/view](http://www.duden.de/node/651831/revisions/1368505/view) (letzter Zugriff: 20.06.2017).
- Duden (2017b). *Digital Native*. Verfügbar unter: [www.duden.de/node/802186/revisions/1351179/view](http://www.duden.de/node/802186/revisions/1351179/view) (letzter Zugriff: 20.06.2017).

- Feierabend, S., Plankenhorn, T. & Rathgeb, T. (2016). *JIM 2016 Jugend, Information, (Multi-) Media: Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Stuttgart.
- Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T. & Gebhardt, E. (2014). *Preparing for life in a digital age: The IEA international computer and information literacy study: international report*. Dordrecht: Springer Open.
- Hubwieser, P. (2005). Von der Funktion zum Objekt: Informatik für die Sekundarstufe I. In S. Friedrich (Hrsg.), *Unterrichtskonzepte für informatische Bildung: INFOS 2005, 11. GI-Fachtagung Informatik und Schule, 28. – 30. September 2005 an der TU Dresden* (S. 27 – 42). Bonn: Ges. für Informatik.
- Initiative D21 e.V. (2016a). *D21-Digital-Index 2016: Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft. D21-Digital-Index*. Berlin: Initiative D21.
- Initiative D21 e.V. (2016b). *Sonderstudie »Schule Digital«: Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte*. Berlin: Initiative D21.
- Klein, P., Kuhn, J. & Müller, A. (2017). Experimente mit Smartphone und Tablet-PC: Analyse leistungsbezogener Antwortsicherheiten im Physikstudium. In S. Aufenanger & J. Bastian (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht: Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (S. 327 – 354). Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin.
- Lister, M., Dovey, J., Giddings, J., Grant, J. & Kelly, K. (2010). *New Media: A Critical Introduction*. London: Routledge.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017 – 1054.
- OECD. (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. Paris: OECD.
- Paavola, S., Engeström, R. & Hakkarainen, K. (2012). The Trialogical Approach as a new Form of Mediation. In A. Moen, A. I. Mørch & S. Paavola (Hrsg.), *Collaborative knowledge creation: Practices, tools, concepts, Technology Enhanced Learning* (S. 1 – 14). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.
- Paralič, J., Richter, C., Babič, F., Wagner, J. & Raček, M. (2011). Mirroring of Knowledge Practices based on User-defined Patterns. *Journal of Universal Computer Science*, 17(10), 1474 – 1491.
- Peterßen, W. H. (1983). *Lehrbuch Allgemeine Didaktik*. München: Ehrenwirth.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1 – 6.
- Rabardel, P. & Beguin, P. (2005). Instrument mediated activity: from subject development to anthropocentric design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 6(5), 429 – 461.
- Schulte, C. (2009). Dualitätsrekonstruktion als Hilfsmittel zur Entwicklung und Planung von Informatikunterricht. In B. Koerber (Hrsg.), *Zukunft braucht Herkunft. 25 Jahre »INFOS – Informatik und Schule«; INFOS 2009, 13. GI-Fachtagung »Informatik und Schule«, 21. bis 24. September 2009 an der Freien Universität Berlin* (S. 355 – 366). Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4 – 14.
- Spiegel Online (2017a). *SPIEGEL ONLINE jetzt auch auf Snapchat*. Verfügbar unter:

[www.spiegel.de/netzwelt/apps/snapchat-discover-funktion-startet-in-deutschland-mit-spiegel-online-und-anderen-a-1144631.html](http://www.spiegel.de/netzwelt/apps/snapchat-discover-funktion-startet-in-deutschland-mit-spiegel-online-und-anderen-a-1144631.html) (letzter Zugriff: 20.06.2017).

Spiegel Online (2017b). *WhatsApp an der Schule – was geht, was nicht?* Verfügbar unter: [www.spiegel.de/lebenundlernen/schule/whatsapp-an-schulen-was-ist-erlaubt-a-1143144.html](http://www.spiegel.de/lebenundlernen/schule/whatsapp-an-schulen-was-ist-erlaubt-a-1143144.html) (letzter Zugriff: 20.06.2017).

Stechert, P. (2009). Fachdidaktische Diskussion von Informatiksystemen und der Kompetenzentwicklung im Informatikunterricht. *Commentarii informaticae didacticae (CID)*: Vol. 2. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.

Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for mathematical learning*, 9(3), 281 – 307.

## ÜBER DIE AUTOREN



---

**Andreas Mühling** ist Informatiker und Fachdidaktiker. Seit 2016 leitet er als Juniorprofessor die Arbeitsgruppe »Didaktik der Informatik« an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Ein Forschungsschwerpunkt sind die Grundlagen der Lehr-Lern-Forschung in Informatik, speziell der Programmierunterricht. Ein weiterer ist das Educational Data Mining sowie die Möglichkeiten der digitalen Technologien für die Unterstützung des Unterrichts, etwa durch Lernverlaufsmessungen.



---

**Heidrun Allert** ist Professorin der Pädagogik, Schwerpunkt Medienpädagogik / Bildungsinformatik an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. In der Forschung befasst sie sich mit der Untersuchung von Wissenspraktiken, Kreativität als soziale Praktik sowie mit Digitalisierung und Algorithmisierung in der Bildung und in Bildungsinstitutionen unter praxistheoretischer Perspektive.

---

Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht (2018). Ropohl, Lindmeier, Härtig, Kampschulte, Mühling und Schwanewedel (Hrsg.), Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag

# INNOVATION DURCH DIGITALE MEDIEN IM FACHUNTERRICHT?

Ein Forschungsüberblick aus fachdidaktischer Perspektive

*Anke Lindmeier*

Sind digitale Medien (in diesem Beitrag kurz: Medien) im Fachunterricht eine »echte« Innovation oder »nur« eine Variation der zur Verfügung stehenden instruktionalen Mittel? Obwohl die Frage erst retrospektiv beantwortet werden kann, ist sie bereits in der Vorschau interessant. Denn »echte« Innovationen verändern Inhalte, Methoden und Arbeitsweisen des Fachunterrichts nachhaltig. In den Extremfällen hieße das für die Fachdidaktiken: Erscheinen Medien nur als eine Variation von Mitteln, so kann die Fachdidaktik entsprechende medienbezogene Inhalte aufnehmen und dadurch aktualisiert werden. Erweisen sich Medien aber als »echte« Innovationen, sind tiefgreifendere Umbrüche in Bezug auf die theoretischen Grundlagen zu erwarten.

In diesem Kapitel wird ausgelotet, welche Anhaltspunkte es zur Beantwortung der eingangs gestellten Frage aus heutiger Sicht gibt und welche Konsequenzen bzw. Desiderata sich speziell für den fachdidaktischen Diskurs anschließen. Dazu muss zunächst geklärt werden, was unter einer Innovation aus wissenschaftlicher Perspektive zu verstehen ist. In der Techniksoziologie werden Innovationen dadurch charakterisiert, dass sie im gesellschaftlichen Diskurs als etwas Neues gekennzeichnet werden (semantische Ebene), im Handeln Veränderungen erwirken (pragmatische Ebene) und auch ihren Niederschlag – nachdem sie als Verbesserung in welcher Hinsicht auch immer akzeptiert wurden – in institutionellen und sozialen Normen finden (grammatische Ebene; Rammert, 2010). Entsprechend gilt etwas, das neu (zeitlich) und neuartig (z. B. in der Funktion) ist, erst dann als eine »echte« Innovation, wenn sich durch seine Nutzung auch bedeutende Veränderungen auf der Ebene der gesellschaftlichen Referenzsysteme ergeben (z. B. veränderte gesellschaftliche Norm). Zusammenfassend stellt sich also die Frage, wie sich der aktuelle Stand der Diskussion um digitale Medien im Fachunterricht aus verschiedenen Perspektiven darstellt.



Der Beitrag bildet drei verschiedene Diskursfelder ab: Ein kurzer Abriss des gesellschaftlichen Diskurses zu Medien im Fachunterricht kann nur Rahmenbedingungen skizzieren, zeigt aber auf, dass in unserer Gesellschaft eine relative Skepsis gegenüber der Digitalisierung im Allgemeinen vorliegt, die sich auch in Bezug auf Schule niederschlägt. Daraus ergibt sich eine Diskrepanz zwischen Lern- und (zukünftiger) Lebenswelt. Die darauffolgende Zusammenfassung des bildungspolitischen Diskurses lässt erkennen, dass Medien in Lernwelten aktuell über einen Top-down-Ansatz forciert eingeführt werden. Dabei weisen die bildungspolitischen Dokumente noch Inkonsistenzen auf. Insbesondere Fragen des Medieneinsatzes im Fachunterricht werden von der Bildungspolitik und in den geltenden Rahmenbedingungen spärlich aufgegriffen und warten auf ihre Aktualisierung.

Der ausführliche Blick in den wissenschaftlichen Diskurs soll ausloten, inwiefern diese Inkonsistenzen und offenen Fragen wissenschaftlich geklärt werden können. Es wird aufgezeigt, wie zentrale Erkenntnisse aus nicht fachspezifischen Bezugslinien für Fragen des Medieneinsatzes im Fach genutzt werden können und warum es ratsam scheint, sie auch zu nutzen, um negative Effekte zu vermeiden. Ein kurzer Blick in die Professionsforschung von Lehrkräften hinterlässt den Eindruck, dass zwar ein Konsens darüber besteht, dass Lehrkräften eine wichtige Rolle beim gelingenden Medieneinsatz im Unterricht zukommt, aber wissenschaftliche Erkenntnisse zu den zugehörigen Kompetenzen sowie deren Erwerb noch nicht zufriedenstellen. Die fachspezifische Forschung zum Medieneinsatz im Unterricht (mit Schwerpunkt Mathematik) wird entlang der scholastisch-philosophischen, der pädagogischen und der wissenschaftlich-empirischen Tradition dargestellt. An Beispielen wird illustriert, wie jede der drei Traditionen entsprechend ihrer Stärken Beiträge zum fachspezifischen Diskurs liefern kann, der aber insgesamt den Eindruck erweckt, wenig systematisch entwickelt zu sein.

Der Beitrag wird aufzeigen, dass die Nutzung von Medien im Fachunterricht wesentliche Merkmale einer Innovation erfüllt. Die Bedingungen und Effekte eines zunehmenden Einsatzes digitaler Medien im Unterricht sind bisher unzureichend untersucht, und widerstreitende Bewertungen von Forschungserkenntnissen aufgrund der komplexen Gemengelage sind nicht verwunderlich. Dies ist insbesondere unbefriedigend, da in der Lehrerbildung zunehmend eine »fachdidaktisch fundierte« Ausbildung der Lehrkräfte, auch in

Bezug auf digitale Medien, gefordert wird. Der vorliegende Beitrag bietet Ansatzpunkte, wie innerhalb der Fachdidaktiken der wissenschaftliche Diskurs qualitativ gestärkt werden kann, um die Herausforderungen, die sich aus den zu erwartenden Veränderungen im Fachunterricht ergeben, anzunehmen.

## GESELLSCHAFTLICHER DISKURS

Es ist schwierig, geeignete Indikatoren für den gesellschaftlichen Diskurs über Medien im Unterricht allgemein, geschweige denn über Medien im Fachunterricht, zu gewinnen. Einige deskriptive Befunde können aber genutzt werden, um Indizien zu gewinnen. So stimmen im D21-Digital Index beispielsweise etwas weniger als die Hälfte der Befragten zu, dass »digitale Medien grundlegender Bestandteil aller Schulfächer sein« müssen (Initiative D21 e.V., 2016a). Damit deutet sich an, dass sich in Deutschland die gesellschaftliche Debatte um digitale Medien im Unterricht eher kontrovers darstellt. Unter Eltern und Lehrkräften steigt die Zustimmung zwar auf über zwei Drittel (Initiative D21 e.V., 2016b), allerdings ist in Deutschland trotzdem eine im internationalen Vergleich relative Skepsis gegenüber der Digitalisierung allgemein zu verzeichnen.

Diese Skepsis zeigt sich, obwohl von einer digital durchdrungenen Gesellschaft gesprochen werden kann. Beispielsweise verfügten bereits 2011 in Deutschland fast 90 % aller Haushalte über einen Computer und ca. 80 % über einen Breitbandanschluss (OECD, 2012). 2016 wurden bereits 70 % der einfachen Bankgeschäfte in Deutschland online erledigt (Eurostat, 2016), und mehr als 90 % der Schülerinnen und Schüler ab 14 Jahre verfügen über die Möglichkeit, mobil das Internet zu nutzen (Initiative D21 e.V., 2016b). Es gibt aber ökonomisch vergleichbar entwickelte Länder, in denen die Digitalisierung noch weiter fortgeschritten ist. Im europäischen Vergleich haben beispielsweise 2015 in Deutschland nur ca. 55 % der Personen die Möglichkeit einer elektronischen Interaktion mit Behörden (E-Government) genutzt, während dies im Schnitt ca. 85 % in den untersuchten skandinavischen Ländern taten, die in Europa seit jeher eine Vorreiterrolle in Bezug auf die Digitalisierung einnehmen (Eurostat, 2016). Es ist bezeichnend, dass das Bargeld im europäischen

Vergleich in Deutschland (und Österreich) noch eine vergleichsweise hohe Bedeutung hat (Eurostat, 2016).

Diese relative gesellschaftliche Skepsis gegenüber der Digitalisierung schlägt sich auch im schulischen Bereich nieder: Die Schulausstattung in Bezug auf die technische Infrastruktur ist im internationalen Vergleich zwar auf mittlerem Niveau, die schulische Nutzung digitaler Medien allerdings wenig ausgeprägt, sodass Deutschland in den einschlägigen Studien bei der Nutzung digitaler Medien in Schulen nicht nur deutlich unter dem europäischen Mittelwert liegt, sondern auch als Schlusslicht erscheint (Bos et al., 2014). In Zahlen bedeutet das: Fast 40 % der befragten Lehrkräfte geben an, dass sie – über alle von ihnen unterrichteten Klassen und Fächer hinweg – den Computer seltener als einmal im Monat im Unterricht nutzen. Entsprechend wird für Deutschland die Diskrepanz zwischen Lern- und Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf digitale Medien als auffällig groß charakterisiert (Initiative D21 e.V., 2016b).

Wie diese Diskrepanz zwischen Lern- und gegenwärtiger Lebenswelt der Lernenden zu bewerten ist, muss an dieser Stelle erst einmal offen bleiben, nicht zuletzt, da Diskrepanzen zwischen medialen Lern- und Lebenswelten von Kindern und Jugendlichen kein neues Phänomen sind<sup>1</sup> (s. Kapitel 2, S. 38). Allerdings ist vor allem für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zusätzlich eine zunehmende Diskrepanz zwischen Lern- und zukünftiger Arbeitswelt zu antizipieren. Da Schule im Sinne der Lebensvorbereitung insbesondere auch die Vorbereitung auf Beruf und /oder Studium umfassen soll (vgl. Heymann, 1996), sind Veränderungen im beruflichen Bereich durchaus kritisch auf ihre Relevanz auch für den schulischen Bereich hin zu reflektieren. Deutschland ist beispielsweise immer noch ein »global player« im technischen Bereich, neuerdings auch zunehmend im digital-technischen Bereich (vgl. Phänomen der »hidden champions«). Als weiteres Beispiel haben informatische Methoden in verschiedensten wissenschaftlichen Bereichen Fuß gefasst (z. B. Textlinguistik, Bioinformatik). Die Wirtschaft fordert entsprechend, die »digitale Informations- und Medienkompetenz entlang der

---

1 Hingewiesen sei aber darauf, dass die Problematik dieser Diskrepanzen zwischen medialer Lern- und Lebenswelt unter der Berücksichtigung sozialer Disparitäten, die sich auch in Unterschieden in der Mediennutzung niederschlagen, doch deutlich differenzierter zu bewerten ist (Niesyto, 2009).

gesamten Bildungskette« zu stärken (BDA, 2017). Inwieweit die durch die Digitalisierung angestoßenen Veränderungen in der zukünftigen Lebens- und Arbeitswelt konkret eine veränderte Vorbereitung durch den (Fach-)Unterricht erfordern, wird bisher nur oberflächlich thematisiert.

Je nachdem, welche Vorstellungen, Werthaltungen und Einstellungen gegenüber »traditioneller« und »digitaler« Bildung dominieren, können verschiedene Extrempositionen zum Umgang mit der Diskrepanz zwischen Lern- und Lebenswelt beobachtet werden. Diese seien hier prototypisch skizziert. Opponenten einer Veränderung des schulischen Lernens und Lehrens nutzen die relative Diskrepanz zwischen der Rolle Deutschlands im MINT-Bereich und der schulischen Wirklichkeit nicht im Sinne eines Existenznachweises (in etwa »Man kann auch gute technische Leistungen erbringen ohne vollständige Digitalisierung«), sondern interpretieren diese kausal (»Weil wir so wenig Digitalisierung im Bildungswesen haben, sind wir so gut«). Die Proponenten argumentieren unter der Setzung des Heilsversprechens (»Wie gut könnten wir sein, wenn wir stärker digitalisiert wären«) oder aber im Endzeitmodus (»Wir ruhen uns aus, verpassen den Anschluss, lange kann man aber nicht mehr von der guten alten Zeit zehren«). Die Extrempositionen nehmen starke und zueinander konträre Wirkungen und Wirkmechanismen an. Eine evidenzbasierte Klärung der widerstreitenden Positionen ist schwierig, weil die Forschungslage komplex ist und ebenfalls widersprüchliche Erkenntnisse liefert (s. Abschnitt »Fachspezifische Sicht«, S. 74).

## BILDUNGSPOLITISCHER DISKURS

Zur Darstellung des bildungspolitischen Diskurses wird in der folgenden Zusammenfassung auf Veröffentlichungen mit bundesweiter Relevanz zurückgegriffen. Dazu zählen die in die Zukunft gerichteten Positionspapiere des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie die Strategien der Kultusministerkonferenz (KMK). Zudem regeln die verbindlichen bildungspolitischen Rahmenseetzungen – wie Lehrerbildungsstandards und fachliche Bildungsstandards – den Ist-Stand.

Das Thema »Digitale Medien« ist in der bildungspolitischen Debatte aktu-

ell unausweichlich. Dies ist vor allem auf konzertierte politische Initiativen zurückzuführen, die von der Bundesregierung als »Digitale Agenda 2014 – 16« kommuniziert werden. Dazu gehören die »Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft« (BMBF, 2016) ebenso wie die KMK-Strategie »Bildung in der digitalen Welt« (KMK, 2016). Die gängige Argumentationslinie zur Motivation geht vom gesellschaftlichen Wandel durch die Digitalisierung aus, der als Realität empfunden wird. Da Bildungsprozesse zum Ziel haben, selbstbestimmtes Leben in der Gesellschaft zu ermöglichen sowie die Grundlage für soziale und berufliche Teilhabe zu legen, legitimiert letztendlich die gesellschaftliche Realität die politische Debatte. Es spiegelt sich hier die Sorge um die Diskrepanz von Lern- und zukünftiger Lebens- / Arbeitswelt wider. In diesem Zusammenhang werden auch ökonomisch begründete Motivationslinien umrissen, wobei die Wirtschaft als spezieller gesellschaftlicher Bereich erscheint (vgl. BMBF, 2016). Auf diese Weise greift die Debatte nahtlos eine Argumentationslinie auf, die bereits seit den 90er Jahren im Zusammenhang mit »neuen Technologien« genutzt wurde und somit eine etwa dreißigjährige Tradition hat (BLK, 1987; Hawkrigde, 1990; Mandl et al., 1998).

Zudem betonen die meisten bildungspolitischen Dokumente die Wichtigkeit der zwei verschiedenen klassischen Sichtweisen der Medienerziehung (»Lernen über Medien«) und Mediendidaktik (»Lernen mit Medien«), bleiben aber in dem aus fachdidaktischer Sicht besonders interessierenden Bereich der Mediendidaktik häufig unspezifisch. Trotzdem zeigen sich in Bezug auf die mediendidaktische Perspektive sehr große Unterschiede zwischen den verschiedenen Dokumenten. Der KMK-Beschluss »Medienbildung in der Schule« (KMK, 2012a) könnte fast als mediendidaktische Utopie zu erwarteten Effekten von Medieneinsatz im Unterricht interpretiert werden (s. differenziertere Darlegung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in Abschnitt »Wissenschaftlicher Diskurs«, S. 66):

»Somit ermöglichen Medien den Lernenden die Übernahme von Verantwortung und Gestaltung bei der Planung, Reflexion und Dokumentation des eigenen Lernweges. Ihr sachgerechter Einsatz in zunehmend vernetzten Lernumgebungen fördert die Unterrichtsqualität, erhöht die Verfügbarkeit von digitalisierten Bildungsangeboten über räumliche und zeitliche Distanzen hinweg und erweitert die unterrichtlichen wie

außerunterrichtlichen Spielräume schulischer Bildung. Ihr pädagogisch sinnvoller Einsatz unterstützt differenzierende, teilweise selbstgesteuerte und zugleich überprüfbare Lernprozesse.« (KMK, 2012a, S. 4)

Im BMBF-Strategiepapier wird deutlich vorsichtiger von Potenzialen statt erwartbaren Effekten gesprochen und auf beschränkende Faktoren hingewiesen sowie ein Primat der Pädagogik postuliert, unter das der Einsatz von Medien fällt (BMBF, 2016). Die KMK-Strategie aus demselben Jahr konkretisiert dies weiter:

»Für den schulischen Bereich gilt, dass das Lehren und Lernen in der digitalen Welt dem Primat des Pädagogischen – also dem Bildungs- und Erziehungsauftrag – folgen muss. Das heißt, dass die Berücksichtigung des digitalen Wandels dem Ziel dient, die aktuellen bildungspolitischen Leitlinien zu ergänzen und durch Veränderungen bei der inhaltlichen und formalen Gestaltung von Lernprozessen die Stärkung der Selbstständigkeit zu fördern und individuelle Potenziale innerhalb einer inklusiven Bildung auch durch Nutzung digitaler Lernumgebungen besser zur Entfaltung bringen zu können.« (KMK, 2016, S. 9)

Konsequenterweise formuliert die KMK-Strategie (2016) fast im Sinne eines »Primats des Faches«:

»Bei der Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen werden digitale Lernumgebungen entsprechend curricularer Vorgaben dem Primat des Pädagogischen folgend systematisch eingesetzt.« (KMK, 2016, S. 12)

Es wird zudem anerkannt, dass sich Bildungsziele durch Medieneinsatz verändern können (s. Kapitel 1, S. 14). Insbesondere müssen fachliche Kompetenzerwartungen für Lernende auch fachspezifische medienbezogene Kompetenzen umfassen (s. Kapitel 2, S. 38). Dazu wird ein Rahmenmodell »Kompetenzen in der digitalen Welt« vorgeschlagen (KMK, 2016, S. 15 ff.), dessen Verbindlichkeit allerdings für die Bundesländer variabel auslegbar ist.

Wenn Medienbildung zukünftig als »integraler Bestandteil aller Unterrichtsfächer« (KMK, 2016, S. 24) erscheint, wird entsprechend die Vermittlung

zugehöriger Kompetenzen für Lehrkräfte eine stetige »integrale Aufgabe« der Lehrerbildung in allen Phasen (KMK, 2016, S. 24). In allen Dokumenten wird dies sowohl als fachspezifische wie auch bildungswissenschaftliche Aufgabe verstanden (KMK, 2012a; KMK, 2016). Kondensiert formuliert die BMBF-Strategie: »Alle Lehrkräfte verfügen über digitale Kompetenzen und können diese vermitteln.« (BMBF, 2016, S. 12) Als Desiderat wird abgeleitet, dass »ländergemeinsame Bildungsstandards für den Erwerb digitaler Kompetenz in den schulischen Lehrplänen zu verankern und digitale Kompetenz als fächerübergreifender Bestandteil der Lehrerbildung einzuführen« sind und »passgenaue didaktische Konzepte für das Lernen mit digitalen Medien und hier insbesondere für den Einsatz von OER [open educational resources] und deren sinnvolle Verknüpfung mit klassischen Bildungsmedien zu entwickeln« sind (BMBF, 2016, S. 18).

Differenzierter entwirft die KMK-Strategie Kompetenzerwartungen an Lehrkräfte, wobei direkt auf die Notwendigkeit einer Überarbeitung der Lehrerbildungsstandards und einer phasenübergreifenden Abstimmung der Curricula hingewiesen wird. Die Kompetenzerwartungen für Lehrkräfte umfassen eigene Kompetenzen im Umgang mit digitalen Tools (Aspekt der Bedienung, z. B. »sicher mit technischen Geräten, Programmen, Lern- und Arbeitsplattformen etc. umzugehen«) ebenso wie allgemein mediendidaktische Kompetenzen (Aspekt der Benutzung, z. B. »die lerntheoretischen und didaktischen Möglichkeiten der digitalen Medien für die individuelle Förderung Einzelner oder von Gruppen inner- und außerhalb des Unterrichts zu nutzen«), aber auch stärker fachlich geprägte Kompetenzen (z. B. »auf der Grundlage ihrer fachbezogenen Expertise hinsichtlich der Planung und Gestaltung von Unterricht mit anderen Lehrkräften und sonstigen schulischen und außerschulischen Expertinnen und Experten zusammenzuarbeiten und mit ihnen gemeinsam Lern- und Unterstützungsangebote zu entwickeln und durchzuführen«, KMK, 2016, S. 25 f.).

Neben diesen in die Zukunft reichenden Veröffentlichungen stellen die aktuellen Lehrbildungsstandards die verbindlichen Ziele der Lehramtsausbildung dar. Hier sind zwei Dokumente von besonderer Relevanz: die Lehrbildungsstandards für den Bereich Bildungswissenschaften (KMK, 2004a) sowie die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (KMK, 2008). In Ersteren ist

»Medienbildung« einer von elf inhaltlichen Schwerpunkten in der Ausbildung von Lehrkräften. Als Standard wird im Kompetenzbereich »Unterrichten« für den theoretischen Ausbildungsabschnitt geführt: »Die Absolventinnen und Absolventen kennen Konzepte der Medienpädagogik und -psychologie und Möglichkeiten und Grenzen eines anforderungs- und situationsgerechten Einsatzes von Medien im Unterricht.« (KMK, 2004a, S. 7) Im praktischen Ausbildungsabschnitt wird zusätzlich gefordert, dass angehende Lehrkräfte Kompetenzen erwerben, um »moderne Informations- und Kommunikationstechnologien didaktisch sinnvoll [zu integrieren] und [...] den eigenen Medieneinsatz [zu reflektieren].« (KMK, 2004a, S. 7)

Die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (KMK, 2008) ergänzen diese bildungswissenschaftlich geprägten Anforderungen durch fachspezifische Kompetenzanforderungen. So sollen angehende Lehrkräfte aller Fächer mit den »Erkenntnis- und Arbeitsmethoden und Medien ihrer Fächer« (KMK, 2008, S. 4, fachspezifischer medienkundlicher Aspekt) vertraut und »in der Lage [sein,] [...] diese adressaten- und sachgerecht anzuwenden« (KMK, 2008, S. 4). Ferner sollen sie »Ergebnisse fachdidaktischer und lernpsychologischer Forschung über das Lernen in ihren Fächern [kennen und nutzen]« (KMK, 2008, S. 4, fachspezifischer mediendidaktischer Aspekt). Im Vorbereitungsdienst werden darüber hinaus praktische Kompetenzen der Unterrichtsplanung und -durchführung im jeweiligen Fach gefordert (KMK, 2008, S. 4). Kompetenzen mit Bezug zu (digitalen) Medien fallen hier also in die Bereiche der fachdidaktischen Kompetenzen einerseits (Medien in Unterrichtsplanung und -durchführung) und der fachlichen Kompetenzen andererseits (Methoden und Medien des Fachs). Dabei wird nicht deutlich, ob sich der Begriff »Fach« im Passus »Erkenntnis- und Arbeitsmethoden und Medien ihrer Fächer« auf die dem Schulfach zugrunde liegende Fachwissenschaft bezieht oder aber das Schulfach selbst meint. Gerade die Nutzung der Medien kann hier eine deutliche Diskrepanz aufweisen.

Unklar bleibt auch auf Grundlage dieser inhaltlichen Anforderungen (KMK, 2008), in welchem Teilbereich der Ausbildung (Fach, Fachdidaktik) die (angehenden) Lehrkräfte diese medienbezogenen Kompetenzen erwerben sollen. Der Blick in die einzelnen Fächer zeigt keinen Konsens, sodass beispielsweise im Bereich Fachdidaktik Physik Medien als Studiengegenstand aufgeführt sind



(»Aufgaben, Experimente und Medien«), während für die Fächer Chemie und Biologie nicht ausgewiesen ist, wie die im Kompetenzprofil geforderten Standards (z. B. »können Unterrichtskonzepte und -medien fachgerecht gestalten, inhaltlich bewerten«) erworben werden sollen. Für das Fach Mathematik wird Kompetenzerwerb in Bezug auf einschlägige digitale Werkzeuge (z. B. dynamische Geometrie-Software) als Ziel der *fachwissenschaftlichen*, also nicht fachdidaktischen Ausbildung im Bereich Angewandte Mathematik geführt, aber mediendidaktische Aspekte werden wiederum nicht extra ausgewiesen.

Abschließend soll ein Blick in die für alle mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer vorliegenden Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss den aktuellen Erwartungshorizont für Schülerinnen und Schüler in Bezug auf den Erwerb medienspezifischer Kompetenzen im Fachunterricht umreißen. Dabei fällt auf, dass die Bildungsstandards für die Fächer Biologie, Chemie und Physik (KMK, 2004b, 2004c, 2004d) vor allem im Kompetenzbereich »Kommunikation« unspezifisch auf (digitale) Medien als Informationsquelle (z. B. Biologie) verweisen, wo Lernende beispielsweise Sachverhalte recherchieren (z. B. Physik) oder bewerten (z. B. Chemie) können sollen. Kompetenzen mit Bezug zu fachspezifischen digitalen Medien sind nicht explizit ausgeführt. Die Arbeitsweisen der Erkenntnisgewinnung legen allerdings medienbezogenen Kompetenzerwerb nahe (z. B. Werkzeuge zur Unterstützung der Datenerhebung, -aufbereitung und -analyse). Etwas anders stellt sich die Lage in den Bildungsstandards Mathematik (KMK, 2003) dar, wo neben dem Aspekt der Information und Kommunikation die fachbezogene Arbeitsweise »mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen« als allgemeine mathematische Kompetenz ausgewiesen ist. Diese umfasst explizit Kompetenzen, mathematische Werkzeuge – genannt werden neben der Formelsammlung der Taschenrechner und die Sammelbezeichnung »Software« – sinnvoll zu nutzen. In verschiedenen Bereichen findet sich demnach die Forderung, dass Schülerinnen und Schüler »geeignete Hilfsmittel« einsetzen können sollen, wobei speziell mit Blick auf digitale Medien Tabellenkalkulation und dynamische Geometrie-Software neben dem Taschenrechner erwähnt werden. Die Standards für das Abitur in Mathematik<sup>2</sup> (KMK, 2012b) sprechen von der »durchgängigen Verwendung

---

2 Für die naturwissenschaftlichen Fächer liegen bisher keine Bildungsstandards für das Abitur vor.

digitaler Mathematikwerkzeuge« und weisen ergänzend zu den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den Bereichen Stochastik und Numerik auf die spezifischen Funktionen im Rahmen von Simulationen und Automatisierung hin. Entscheidend für den realen Stellenwert von digitalen Werkzeugen im Unterricht ist nicht selten deren Stellenwert in den zugehörigen Abschlussprüfungen. Hier ist die Nutzung der genannten Werkzeuge allerdings nicht bundesweit einheitlich geregelt und im Vergleich zu den Vorgaben der Bildungsstandards restriktiver, sodass im Wesentlichen wissenschaftliche Taschenrechner, teilweise ergänzt mit Grafik- oder Algebrafunktionen, zugelassen sind.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Auf übergeordneter bildungspolitischer Ebene kann aktuell eine gewisse Konvergenz von Positionen zum Lernen mit und über Medien festgestellt werden. Diese ist erkennbar von allgemeinen medienpädagogischen Konzepten geprägt. Allerdings ist diese Debatte in die Zukunft gerichtet und spiegelt sich im Moment noch nicht vollständig und kohärent auf der Ebene der gültigen Bildungsstandards und Lehrerbildungsdokumente wider. Dies lässt sich teilweise dadurch erklären, dass die zuerst genannten Dokumente aktueller als die zuletzt genannten sind. In den einzelnen Fächern zeigen sich Unterschiede nicht nur in Bezug auf die verwendeten Terminologien. Insbesondere ist auch der Stellenwert der medienbezogenen Kompetenzen als Teil der fachlichen Lernziele sehr heterogen und eher mediendidaktisch denn fachlich geprägt. Dabei treten verschiedene Medien bisher nur in der Mathematik als fester Unterrichtsgegenstand (im Sinne einer fachspezifischen Medienkunde) in Erscheinung, sind aber auch dort in den Abschlussprüfungen nicht in derselben Breite erlaubt. In Bezug auf den Ort des fachspezifischen Medienkompetenzerwerbs bei (angehenden) Lehrkräften ist in den bildungspolitischen Rahmendokumenten kein Konsens zu erkennen, auch wenn die Forderung nach entsprechenden Kompetenzen unstrittig ist. Es bleibt unklar, ob der sehr uneinheitliche Stand auf Fachebene eine Frage der Kommunikation ist, fachliche Eigenheiten widerspiegelt oder aber einen unterschiedlichen Stand auf der Ebene des wissenschaftlichen Diskurses abbildet. Dem soll im folgenden Abschnitt nachgegangen werden.

## WISSENSCHAFTLICHER DISKURS

Für Lernen mit digitalen Medien kann bereits auf eine breite Grundlage von Erkenntnissen zurückgegriffen werden, die aus unterschiedlichen Disziplinen stammen (nicht fachspezifisch: Lehr-Lern-Psychologie, Mediendidaktik, Ökonomie, Human-Computer-Interaction etc., fachspezifisch: Fachdidaktiken). In einer Engführung sollen zuerst aus dem nicht fachspezifischen Diskurs empirisch-wissenschaftliche Erkenntnisse aufgegriffen werden, die für eine Einschätzung des Innovationspotenzials von Medieneinsatz im Fachunterricht besonders informativ erscheinen. Die Auswahl ist subjektiv und sicherlich nicht repräsentativ, versucht aber, die wichtigsten Forschungszugänge zu skizzieren.

### Nicht fachspezifische Bezugslinien

Effekte von Lernen mit digitalen Medien werden unter unterschiedlichen theoretischen Erkenntnisinteressen untersucht. Hattie, der die Befunde der vorliegenden Meta-Analysen noch einmal aggregiert, kommt zu einer Effektstärke von  $d = 0,37$  für Computereinsatz im weiteren Sinne, wobei die Varianz der Effektstärken zwischen den Studien erheblich ist (Hattie, 2009). Damit verfehlt der Computereinsatz knapp die von Hattie als praktisch relevant identifizierte Effektstärke von mindestens  $d = 0,40$ . Differenziert nach Domänen, zeigen sich für Computereinsatz Effektstärken von  $d = 0,21$  für Mathematik und  $d = 0,32$  für Naturwissenschaften. Die Bedingungen, unter denen sich Computereinsatz in seinen Analysen als besonders effektiv erweist, sind für Hattie (2009) wenig überraschend, da sie nicht spezifisch für Computereinsatz sind (z. B. positiv ist, wenn Lehrkräfte für das Arbeiten am Computer als Lehr-/Lernmittel ausgebildet sind oder wenn der Computer im Unterricht andere Methoden ergänzt). Für einzelne Medien können teils ebenfalls aggregierte Effekte berichtet werden, so beispielsweise für den Einsatz von Taschenrechnern im Mathematikunterricht ( $d = 0,27$ ). Insgesamt rechtfertigen diese Erkenntnisse kein uneingeschränkt positives Urteil über den Einsatz digitaler Medien. Allerdings führt die Methode der Meta-Meta-Analyse, die über verschiedene Studien hinweg Evidenz aggregiert und so zu robusteren

Aussagen kommt, zu einer sehr groben Strukturierung des Forschungsfeldes, sodass Erkenntnisse zu spezifischen Fragen zum Medieneinsatz im Unterricht nicht erwartet werden können.

Deswegen seien im Folgenden aus dem nicht fachspezifischen Diskurs Schwerpunkte dargestellt, die sich bisher als besonders einflussreich auf den Diskurs in den Fachdidaktiken zeigen. Ein Forschungsschwerpunkt zum Lernen mit Medien ergibt sich aus den angenommenen individuellen Informationsverarbeitungsprozessen, die detailliert in der Kognitionspsychologie untersucht werden. Beispiele sind Fragen nach der Rolle multipler externer Repräsentationen (MERs) beim Erwerb flexiblen Verständnisses (»cognitive flexibility theory«, Spiro et al., 1988) oder nach Möglichkeiten der Aufgabengestaltung, um eine optimale Nutzung des begrenzten Arbeitsgedächtnisses (»cognitive load theory«, Sweller et al., 1998) zu erlangen. Häufig werden dann Computer-Lernprogramme genutzt, beispielsweise, um MERs unter verschiedenen Konditionen in kontrollierten Experimenten darzubieten, wobei die Lerngegenstände oft exemplarische Inhaltsbereiche aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich sind (z. B. Ainsworth et al., 2002). Diese Studien erklären beispielsweise die Rolle gewisser MER-Merkmale beim Wissensaufbau (wie z. B. statische vs. animierte Repräsentationen, zsf. s. Höffler & Leutner, 2007). Dabei treten typischerweise Wechselwirkungen mit individuellen Voraussetzungen, wie beispielsweise dem Vorwissen oder Interesse, auf (z. B. Lernende mit geringen räumlichen Fähigkeiten profitieren besonders von animierten Repräsentationen, Höffler, 2010).

Erkenntnisse aus der kognitionspsychologisch geprägten Forschung können bei der Gestaltung von Lernumgebungen allgemein, insbesondere bei digitalen Lernumgebungen genutzt werden, auch wenn in der Forschung das pädagogische Interesse nicht immer vorrangig ist. Als Verdichtung der empirischen Erkenntnisse gibt es Gestaltungsprinzipien für Lernumgebungen, die selten spezifisch für digitale Lernumgebungen sind, teilweise aber in digitalen Lernumgebungen besonders einfach realisiert werden können (z. B. allgemeine Gestaltungsprinzipien: Feltovich et al., 1993; Sweller et al., 1998; Lernen mit Multimedia: Mayer, 2008a; Lernen mit Animationen: Mayer, 2008b). So wird z. B. das Arbeitsgedächtnis bei Grafiken entlastet, in denen relevante Informationen direkt bei zugehörigen Elementen positioniert werden. Die Grafiken sind in diesem Fall leichter zu verarbeiten.

Es gibt noch eine Reihe weiterer Forschungsbereiche, deren Erkenntnisse für Fragen des Medieneinsatzes im Fachunterricht genutzt werden können. Dazu zählen beispielsweise Erkenntnisse zur Selbstregulation sowie zur Förderung zugehöriger metakognitiver Kompetenzen, ein Kompetenzbereich, der sich im Übrigen besonders beim Lernen mit Medien als Herausforderung erwiesen hat. Als wichtiges instruktionales Mittel erwies sich hier beispielsweise Feedback, wobei dann – ganz analog zur Argumentationsweise im Zusammenhang mit MERs – Medien besonderes Potenzial zugeschrieben wird, effektives Feedback zu realisieren. Ein Beispiel könnte eine digitale Lernumgebung mit eingebauter Erfolgskontrolle sein (s. Kapitel 4, S. 98). Auf ähnliche Weise gelten Medien auch beispielsweise als bedeutsam für die Unterstützung kommunikativer und kollaborativer Lernprozesse, für die Motivationsunterstützung oder die Interessenförderung. Detaillierte Überblicke geben Blömeke (2003a), Horz (2009; pädagogische Psychologie), Herzig und Tulodziecki (2004; Mediendidaktik), Petko (2014; auch zu verschiedenen instruktionalen Zwecken) oder de Witt und Czerwionka (2007; Erwachsenenbildung).

An dieser Stelle sei kurz auf die Einschränkungen verwiesen, die die direkte Nutzbarkeit der vorliegenden Erkenntnisse erschweren. Zum einen ist häufig das Wechselspiel verschiedener Faktoren sowie die Übertragbarkeit der Erkenntnisse in pädagogische Situationen unzureichend untersucht. Die Erkenntnisse beruhen häufig auf Studien, die im Labor durchgeführt wurden (s. Blömeke, 2003a; zur Kritik an den Stichproben). Zum anderen ist gerade bei den stark kognitionspsychologisch motivierten Forschungsarbeiten das Erkenntnisinteresse zuerst beispielsweise auf die Prüfung theoretisch angenommener Wirkmechanismen und nicht etwa auf die Frage nach der Effizienz der genutzten Computerlernumgebungen für ein spezielles Lernziel gerichtet. Dabei spielt die Auswahl des konkret genutzten Mediums und der Lernziele eine untergeordnete Rolle und stellt forschungspraktische Entscheidungen dar. Kontrastierende Studien beziehen sich entsprechend auf Unterschiede, die in der jeweils fokussierten Theorie bedeutsam sind (z. B. Kodierungsform der Information, angesprochene Sinnesmodalität, zeitliche Distanz etc.). Dies wird jedoch nicht fachspezifisch oder im Hinblick auf unterrichtliche Rahmenbedingungen ausdifferenziert und kann entsprechend auch nur eingeschränkt praktisch bedeutsam sein: Natürlich sollten, wenn möglich, beim Medieneinsatz allgemeine Gestaltungsmerkmale berücksichtigt werden, dies

ist aber immer nur im Rahmen der für den jeweiligen Inhalt verfügbaren Medien möglich. Fach- oder inhaltspezifische systematische Variationen sind in der Forschung bisher nicht vorgenommen worden (Blömeke, 2003a).

Bei seltenen kontrastierenden Studien in pädagogischen Kontexten können sich zudem die Bedingungen der Interventions- und Kontrollgruppen stark unterscheiden, beispielsweise, wenn neben einer Variation der Mittel auch Unterschiede in der Lernzeit in Kauf genommen werden. Beim Vergleich natürlich auftretender Varianz, die sich etwa durch Änderungen in politischen Rahmenbedingungen ergibt, treten häufig Probleme einer Konfundierung von Lernsettings, Medieneinsatz und Ressourcenzuteilung auf. Effekte können so nicht sicher auf einen Faktor zurückgeführt werden (vgl. Diskussion in OECD, 2015). Beispielsweise ist der Beitrag von Medien zum Lernerfolg nicht zu isolieren, wenn eine mediengestützte konstruktivistisch orientierte Lernumgebung mit einer wenig medienintensiven transmissiv orientierten Lernumgebung verglichen wird (Law et al., 2008; diskutiert bei Prasse, 2012; s. Abschnitt »Fachspezifische Sicht«, S. 74).

Zuletzt sei kurz die stärker ökonomisch geprägte Perspektive skizziert, unter der ebenfalls Fragen nach der Effektivität von digitaler Bildung adressiert werden. Die ökonomische Betrachtung berücksichtigt unter anderem die notwendigen Investitionskosten und langfristigen Effekte (»return on investment«), beispielsweise in Bezug auf die Produktivität einer Gesellschaft oder auf Lohnstrukturen. Kontrovers wird in diesem Zusammenhang das »productivity paradox« diskutiert, nach dem die Einführung von Computern negative Effekte auf die Produktivität zu haben scheint (Acemoglu et al., 2014). Es gibt Studien, nach deren Ergebnissen die computerbezogenen Kompetenzen für das spätere Einkommen im Vergleich zu mathematischen und sprachlichen Kompetenzen eine untergeordnete Rolle spielen (z. B. Borghans & ter Weel, 2004). PISA-Ergebnisse legen nahe, dass sogar ein negativer Zusammenhang zwischen Computernutzung und Leistungsentwicklung besteht (Fuchs & Wößmann, 2004; OECD, 2015), insbesondere, wenn die statistische Modellierung die individuellen und familialen Unterschiede berücksichtigt. Einfachere Modellierungen führen teilweise zu (positiven) Scheinzusammenhängen, beispielsweise, wenn höhere Leistungen mit höherem sozioökonomischen Status einhergehen und gleichzeitig in solchen Familien Computer zu Hause eher zugänglich sind.

In den PISA-Studien deutet sich an, dass die Art und Weise der Computernutzung neben der Häufigkeit der Computernutzung einen Einfluss auf die Leistungsentwicklung hat. Dabei profitieren die Lernenden stärker, deren Computernutzung insgesamt weniger freizeitorientiert ist (Fuchs & Wößmann, 2004; OECD, 2015, s. Kapitel 2, S. 38). Der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Computernutzung und verschiedenen Leistungsmaßen lässt sich nicht durch lineare Zusammenhänge beschreiben, sodass der optimale Punkt in den vorhandenen Daten bei einer gewissen (unter dem Durchschnitt der OECD-Staaten) liegenden Computernutzungsintensität zu finden ist. Bei höherer Häufigkeit treten deutlich negative Effekte auf (Fuchs & Wößmann, 2004; OECD, 2015). Dies gilt sogar für computerbezogene Kompetenzen selbst, wobei hier diskutiert wird, ob fehlende computerbezogene Kompetenzen Ursache für oder Wirkung von erhöhter Computernutzung sind. Die abschließende Beurteilung von ökonomisch geprägten Fragestellungen ist aber von der Verfügbarkeit entsprechender Längsschnittdaten abhängig, wobei sich bisher viele Studien auf US-amerikanische Daten stützen. Unklar ist zudem, welche Zeitspannen für die Beobachtung von ökonomischen Effekten bei computerbezogenen Innovationen adäquat sind. Es gibt allerdings Hinweise auf deutliche Unterschiede der Ergebnisse für verschiedene wirtschaftliche Ausgangssituationen und betrachtete Zielgrößen. Die bisherige Befundlage lässt sich optimistisch als gemischt beschreiben und zeigt, wie komplex eine ökonomische Bewertung aus gesamtgesellschaftlicher Sicht ist.

Zusammenfassend zeigt der Blick auf den nicht fachspezifischen wissenschaftlichen Diskurs zum Lernen mit Medien, dass positive Effekte auf allgemeine psychologische Theorien (beispielsweise zur Cognitive Load, zur Selbstregulation) zurückgeführt werden. Entsprechend leiten sich aus diesen Theorien Gestaltungsmerkmale für instruktionale Mittel ab (z. B. integriertes vs. fraktioniertes Format oder Multimodalität zur Reduzierung von Cognitive Load oder Unterstützung von Cognitive Flexibility, Integration von Feedback und metakognitiven Prompts zur Unterstützung der Selbstregulation), die allenfalls besonders gut durch digitale Medien realisiert werden können. Dieses Begründungsmuster ist durchgängig zu finden. Es ist aber evident, dass daraus nicht automatisch gefolgert werden kann, dass die positiven Effekte auf die Nutzung »digitaler Medien per se« zurückgeführt werden können, im Gegenteil ergeben sich auch spezifische Probleme aus der Mediennutzung.

Die positiven Befunde stehen daher auch nicht unbedingt in Widerstreit zu jenen der eher ökonomisch geprägten Studien. Hier zeigen sich in hoher Aggregation – und ohne qualitative Merkmale wie beispielsweise die Implementationsgüte von evidenzbasierten Gestaltungsprinzipien zu berücksichtigen – eher negative Effekte von Computereinsatzintensität auf Ertragsmaße wie die Leistungsentwicklung und Produktivität einer Gesellschaft. Widerstreitende Bewertungen der Gesamtforschungslage sind aufgrund der Komplexität des Forschungsfeldes nachvollziehbar. Der kurze Abriss zeigt auf, dass gewisse Erkenntnisse aus der nicht fachspezifischen Forschung für Fragen des Medieneinsatzes im Fach nutzbar sind und auch genutzt werden müssen, wenn negative Effekte aus einer steigenden Computernutzung nicht in Kauf genommen werden sollen. Je nach Lerngegenstand, Lernziel und Rahmenbedingungen sind die vorliegenden Erkenntnisse mehr oder weniger gut in die unterrichtliche Praxis übertragbar. Es wird deutlich, dass zugehörige didaktische Entscheidungsprozesse komplex sind und hohe Anforderungen an die Lehrkräfte darstellen.

### Lehrerkompetenzforschung

Entsprechend gibt es als Spezialfall der Professionsforschung von Lehrkräften eine Reihe von Arbeiten, die die Voraussetzungen für gelingenden Medieneinsatz auf Seiten der Lehrkräfte untersuchen. Vorgeschlagen wurden fachübergreifend Modelle für die Deskription von Lehrerwissenskomponenten, die insbesondere auch das medien- oder technologiebezogene Wissen<sup>3</sup> berücksichtigen (Voogt et al., 2013). Beispielsweise gliedert der viel zitierte TPACK<sup>4</sup>-Ordnungsrahmen sieben Komponenten von Lehrerwissen auf, die die Basis für erfolgreiches mediengestütztes Unterrichten sind, unter anderem »technological knowledge« (eine Art medienkundliches Wissen), »technological content knowledge« (vergleichbar zu fachspezifischem medienkundlichen Wissen), »technological pedagogical knowledge« (vergleichbar zu allgemein

---

3 In den rezipierten Arbeiten wird meist der Begriff »technology« anstelle von Medien genutzt. Im vorliegenden Text wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit weiterhin von »Medien« als Verkürzung der »digitalen Medien« gesprochen.

4 TPACK steht für **T**echnological **P**edagogical **A**nd **C**ontent **K**nowledge.



mediendidaktischem Wissen) und »technological pedagogical content knowledge« (als fachspezifisches mediendidaktisches Wissen). Die Aufgliederung des Professionswissens scheint notwendig, da die Einführung von Medien grundlegende Änderungen für das Lehren und Lernen bedingt (Koehler & Mishra, 2009). Die Nutzbarkeit dieses Frameworks in der Forschung erweist sich als schwierig (Abbitt, 2011), und der Mehrwert dieser Aufgliederung, die teilweise noch medien- und fachspezifisch weitergeführt wird, wird für die Forschung skeptisch gesehen. So wird beispielsweise kritisiert, dass die theoretische Fundierung der verschiedenen Lehrerwissenskonstrukte und ihrer Derivate insgesamt zugunsten von leicht kommunizierbaren Frameworks, die dann unterschiedlich interpretiert werden, zu kurz kommt (Brantley-Dias & Ertmer, 2013; Voogt et al., 2013). Als Alternative zur Aufgliederung der Konstrukte wird vorgeschlagen, auf Konzeptionen zurückzugreifen, die medienbezogenes fachspezifisches Lehrerwissen als einen Teil des fachdidaktischen Wissens (Shulman, 1987) verstehen. Entsprechend erscheint medienbezogenes Wissen als »unique knowledge base regarding how technology enables or constrains one's efforts to help learners master specific subject matter« (Brantley-Dias & Ertmer, 2013, S. 120).

Offen bleibt bisher die Frage, inwiefern Modelle zu medienbezogenem Professionswissen zur Erklärung und Vorhersage von Mediennutzung und -wirksamkeit im Unterricht genutzt werden können (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). Einige Arbeiten untersuchen das Handeln von Lehrkräften im mediengestützten Unterricht und können dort verschiedene Typen von Medienintegrationsstrategien unterscheiden (z. B. Blömeke et al., 2006). Um die Unterschiede in der Nutzung von Medien (Einsatzhäufigkeit, Nutzungsart) durch Lehrkräfte zu erklären, wurden allgemeinere Will-Skill-Tool-Modelle vorgeschlagen. Medienbezogene Kompetenzen von Lehrkräften (skill) werden dabei neben ihrer Bereitschaft und pädagogischen Überzeugung zum Einsatz von Medien (will) und der Verfügbarkeit von Medien und technischem Support (tool) als zentrale Einflussfaktoren betrachtet, und hinderliche sowie förderliche Faktoren werden beschrieben (Knezek & Christensen, 2016; Petko, 2012). Daraus ist insbesondere zu erkennen, welche kritischen Punkte auf Individual- und Organisationsebene die Nutzung unterbinden können (Mumtaz, 2000; Petko, 2012; Prasse, 2014). Es zeichnet sich ab, dass über die Verfügbarkeit der Medien (tool) und die Kompetenzen der Lehrkräfte (skill) hinaus insbesondere die

Innovationsbereitschaft der einzelnen Lehrkräfte (will) sowie zusätzlich das Innovationsklima an der Schule über die tatsächliche Mediennutzung entscheiden. Die medienbezogenen Kompetenzen der Lehrkräfte erscheinen also als notwendige Voraussetzung für einen (gelingenden) Medieneinsatz, allerdings sind unter der breiteren Perspektive auf Schulen als Organisationen die Unterstützungsprozesse entscheidend (Eickelmann, 2011; vgl. Straub, 2009; Pant et al., 2008 zu Diffusions- und Innovationsprozessen in Schulen).

Wie erwerben Lehrkräfte medienbezogene Kompetenzen? Differenzierte Erwerbsmodelle für medienbezogene Kompetenzen fehlen bisher. In Reviews zeigt sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Konzepten zur Vermittlung medienbezogenen Wissens bei Studierenden des Lehramts. Dies weist darauf hin, dass es sich auch praktisch um einen wenig kanonisierten Bereich handelt (Kay, 2006; Tondeur et al., 2012; s. Abschnitt »Bildungspolitischer Diskurs«, S. 59, für die unklare Verortung mediendidaktischer Lernangebote in aktuellen bildungspolitischen Rahmendokumenten). Entsprechend gibt es kaum belastbare Erkenntnisse zur Effektivität von Aus- und Fortbildungsmaßnahmen. In diesem Zusammenhang hilft allerdings die kritisierte Aufgliederung medienbezogenen Wissens (TPACK), einen schärferen Blick auf verschiedene medienbezogene Entwicklungsaufgaben zu gewinnen. Während Bedienerkompetenzen für unspezifische Medien klar in den Bereich der Allgemeinbildung fallen und damit deren Schulung nicht Teil der universitären Lehrerausbildung sein kann (Blömeke, 2003b), sind fachspezifische Medienkunde (als Teil der Fachausbildung) und stärker pädagogisch und didaktisch geprägte Anteile (als Teil der bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Ausbildung) zu unterscheiden. Blömeke (2003b) sieht es als Aufgabe der Fachdidaktiken, die notwendige Integration dieser Bereiche für mediendidaktische und -erzieherische Fragestellungen zu leisten. Es stellt sich direkt die Frage, inwiefern diese Aufgabe auch aus der fachspezifischen Sicht wahrgenommen wird und – im Idealfall evidenzbasiert – geleistet werden kann.

## Fachspezifische Sicht

Der nicht fachspezifische wissenschaftliche Diskurs ist also um die fachspezifische Sicht zu ergänzen. Entsprechend soll der Beitrag der Fachdidaktiken zum wissenschaftlichen Diskurs skizziert werden. Für den folgenden Überblick ist dazu eine geeignete Strukturierung zu wählen, die die Bandbreite der Forschungszugriffe sichtbar macht, ohne jedoch auf der Gegenstandsebene zu sehr ins Detail zu gehen. Trotz großer Heterogenität lassen sich über die Fächer hinweg – hier wieder mit der Einschränkung auf mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer – verschiedene Arten von fachspezifischer Forschung zu digitalen Medien herausarbeiten (vgl. Bishop, 1992 zur Typisierung). Die Wahl der Beispiele zur Illustration der unterschiedlichen Forschungszugriffe dient einer ersten prototypischen Veranschaulichung und ist subjektiv geprägt. Insbesondere sind die Beispiele im Folgenden häufig aus der Mathematik gewählt, wobei für dieses Fach im Vergleich zu den naturwissenschaftlichen Fächern auch mit Abstand am meisten Arbeiten zum Medieneinsatz verfügbar sind. Weitere aktuelle Überblicke mit unterschiedlichen Schwerpunkten bieten auch Hoyles und Lagrange (2010, *Mathematik international*), Schmidt-Thieme und Weigand (2014, *Mathematik*), Krauthausen (2012, *Grundschule Mathematik*), Drijvers et al. (2016, *Sekundarstufe Mathematik*) und Barzel et al. (2012, *Computer-Algebra-Systeme*). Es handelt sich insbesondere beim vorliegenden Text – wie bei den meisten anderen aktuellen Überblicken – nicht um ein systematisches Review.

Scholastisch-philosophische Tradition: Ein erster Typ von Arbeiten ist der scholastisch-philosophischen Tradition fachdidaktischer Forschung zuzuordnen. Ziel entsprechender Arbeiten sind theoretische Positionen, wobei die Mittel die der theoretisch-philosophischen Argumentation sind. Zum einen fallen in diesen Bereich Arbeiten, die um normative Vorstellungen zur Stellung der Medien im Fachunterricht ringen. Beispielhaft sei hier das von Peschek (1999) auf Basis einer wissenschaftstheoretischen, bildungstheoretischen und sozialphilosophischen Begründungslinie basierende Auslagerungsprinzip genannt. Es zeigt auf, wie der Einsatz des Computers unter gewissen Bedingungen als sinnvoll beurteilt werden und sogar aus wissenschaftstheoretischer Sicht genuin mathematische Einsichten erlauben kann. Dazu gehört die Einsicht in die effiziente Nutzung als mathematische Black

Box, wenn beispielsweise die Wurzel-Taste eines Taschenrechners beim Lösen einer quadratischen Gleichung verwendet wird. Weiter gehört dazu die Fähigkeit zur Beurteilung der Voraussetzungen, Wirkungen, Reichweite und Grenzen der jeweiligen Black Box. Ein anderes Beispiel ist der Entwurf der »integrativen Medienpädagogik« (Hischer, 2016) als normativ didaktisches Konzept für Medienbildung, das das Verhältnis von Medien als Unterrichtsmittel oder -gegenstand im Fachunterricht (am Beispiel Mathematik) unter den drei Aspekten der Medienpädagogik (d. h. (1) Mediendidaktik, bei Hischer als Medienmethodik bezeichnet; (2) Medienkunde; (3) Medienerziehung, bei Hischer als Medienreflexion bezeichnet) thematisiert. Dies könnte als Ansatz für die oben geforderte Integrationsaufgabe der Fachdidaktik (Blömeke, 2003b) auch in der Lehrerbildung genutzt werden.

Einflussreich zeigen sich zum anderen anthropozentrisch-soziologisch geprägte Theorien, die in der französischsprachigen Mathematikdidaktik unter Rückgriff auf Vygotsky (1978) entstanden sind. Hier wird die Rolle technischer Hilfsmittel bei der Entwicklung sozialer Praktiken, unter die auch fachliches Arbeiten fällt, betont. Medien werden entsprechend erst über sozial geprägte Aneignungspraktiken zu Instrumenten im engeren Sinn. Der Prozess wird als »instrumental genesis« bezeichnet und wurde hauptsächlich im Zusammenhang mit Computer-Algebra-Systemen (CAS) weiterentwickelt (Artique, 2002). Es wird argumentiert, dass die Entwicklung neuer Praktiken, die zuerst in Ergänzung zu tradierten Praktiken auftauchen, eine Herausforderung für Lehrende und Lernende darstellt. Am Beispiel CAS wird aufgezeigt, wie je nach fachlichem Potenzial ein zum Instrument gewordenen Medium allerdings für Lernende dann im Umkehrschluss einen epistemischen Mehrwert darstellen kann, um konzeptuelles fachliches Verständnis aufzubauen. Im Anschluss wurde das Konzept der »instrumental orchestration« entwickelt, um einerseits pädagogische Prozesse der »instrumental genesis«, andererseits zugehörige Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte zu beschreiben (Drijvers et al., 2010; Trouche, 2004). Wird wie in diesen Theorien die wechselseitige Beziehung von genutzten Medien und sozialen Praktiken berücksichtigt, so gerät auch der Einfluss von Medien auf kommunikative Prozesse und Lehrprozesse und damit auch die Rolle der Lehrenden und Lernenden in den Blick. Beispielsweise konnte beobachtet werden, dass Lernende spontan Darstellungen und Vorgehensweisen von einem Medium auf ein anderes trans-

ferieren, etwa wenn sie zur Begründung eines geometrischen Sachverhalts auf Papier eine Fingergeste aus einem dynamischen Geometrie-System (DGS) skizzieren. Insgesamt weisen die Theorien eine Nähe zur Tätigkeitstheorie und den Grundlagen der Forschung im Bereich kognitive Ergonomie / Human-Computer-Interaction auf.

Des Weiteren fallen in die scholastisch-philosophische Tradition Entwicklungsprojekte, sofern ihre Zielsetzung die Entwicklung theoretisch möglichst umfassend begründeter Produkte ist. Im Zusammenhang mit Medien können dies beispielsweise normativ-fachliche Beschreibungen von Lernzielen zusammen mit exemplarischen Unterrichtssequenzen oder Aufgaben sein, die durch diese Lernziele theoretisch-argumentativ begründet werden. Auch die Entwicklung eines prototypischen digitalen Tools für ein spezielles fachliches Lernziel kann bei entsprechender Begründungstiefe in diese Tradition fallen, wenn es zur Illustration einer theoretischen Begründungslinie dient.

Ausgangspunkt sind dann fachlich geprägte Analysen, die eher beim Lerngegenstand oder den Medien ansetzen können, aber meist beide Sichten integrieren. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung des »competence model for the use of symbolic calculators« (Weigand & Bichler, 2010), das konzeptuell-inhaltliche Vorstellungen zum funktionalen Denken (Lerngegenstand) und Arten der Mediennutzung synthetisiert und eine an fachlichen Lernzielen kalibrierte Idealvorstellung der Nutzung entwickelt. Prototypisch sind bei den Arbeiten dieser Art Fragestellungen wie die, welches fachliche oder fachdidaktische Potenzial gewisse Medien aufweisen. Dabei kommt es beispielsweise auch zur Erkenntnis, dass sich durch Medien Normen wie fachliche Lernziele verändern oder erweitern können (Fey, 1989; Graf et al., 1992; s. Kapitel 1, S. 14). Eine Erweiterung der Lernziele im engeren Sinne liegt vor, wenn neue Themengebiete aufgrund von medienbezogenen Veränderungen im Fach Gegenstand des Schulunterrichts werden. Beispielsweise stellen der Aufstieg der diskreten Mathematik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und damit verknüpft die Rolle des Computers als Beweiser, die Nutzung informatischer Methoden zur Erkenntnisgewinnung in der Biologie oder die immer stärker genutzte mathematische Modellbildung inklusive der Fehlerrechnung solche fachlichen Veränderungen dar, von denen unklar ist, inwiefern sie im Schulunterricht abgebildet werden sollen und können (z. B. Henn, 2004). Zudem

können einzelne Lernziele in einem Inhaltsbereich durch neu zur Verfügung stehende Medien wichtiger werden. Beispielsweise können mithilfe digitaler mathematischer Werkzeuge authentische mathematische Modellierungen durchgeführt werden, während ohne diese Unterstützung Modellierungsaufgaben üblicherweise reale Kontexte in starker Vereinfachung nutzen müssen, um handhabbar zu bleiben (Vogel, 2014). Insgesamt liegen jedoch wenige Arbeiten zur potenziellen Erweiterung von mathematisch-naturwissenschaftlichen Lernzielen vor.

Die zweite Art von Argumentationen bezieht sich nicht auf eine Erweiterung der fachlichen Lernziele im engeren Sinne, sondern auf die bessere Realisierbarkeit bestehender fachlicher Lernziele durch die Variation der Mittel. Beispielsweise wird mit der Verfügbarkeit von Medien, die dynamische Sachverhalte in der Mathematik veranschaulichen können (z. B. dynamisch-geometrische Sachverhalte, Kovariation), die Hoffnung verbunden, die bereits seit der Meraner Reform (Klein, 1904) normativ geforderte Basierung des höheren Mathematikunterrichts auf der »Erziehung zur Gewohnheit des funktionalen Denkens« realisieren zu können (Krüger, 2000; Hoffkamp, 2011). So sollen etwa computergestützte dynamische Veranschaulichungen des Zusammenhangs zwischen konkreten Operationen und abstrakten Modellen, die den Erwerb mentaler Modelle unterstützen (Vogel et al., 2007). Ähnlich wird beispielsweise bei Roth (2005, 2008) ein exemplarisches Unterrichtskonzept mit Computereinsatz entwickelt, das die flexible dynamische Interpretation statischer geometrischer Situationen adressiert, was als Ausdruck konzeptuell reichhaltigen geometrischen Verständnisses gesehen wird. Hier wird also mit Mitteln der scholastisch-philosophischen Analyse untersucht, inwiefern Medien das Potenzial aufweisen, durch das Fach geprägte normative Vorstellungen zu vermitteln.

Pädagogische Tradition: Mit dem letztgenannten Typ von Arbeiten ist der häufig fließende Übergang von scholastisch-philosophischer zu pädagogischer Tradition nach Bishop (1992) erreicht. Die Motivation von Arbeiten in der pädagogischen Tradition ist auf eine direkte Verbesserung des Fachunterrichts gerichtet. Die Mittel liegen in der systematischen (Weiter-)Entwicklung von Lernumgebungen, um Handlungsempfehlungen, Designprinzipien etc. herauszuarbeiten. Knapp formuliert ist also das anzustrebende Ziel, auf ähnliche Anwendungsfälle übertragbare und kondensierte Best-practice-Erkennt-

nisse zu erlangen. Im selten erreichten Idealfall wird dazu »design-based research« durchgeführt, wobei ein Zwischenschritt dahin fundierte und evaluierte Lernumgebungen sind (»research-based design«, vgl. zum Unterschied auch Plomp & Nieveen, 2013).

Wie oben kann die Erkenntnisrichtung hier wechselseitig eher von einem instruktionalen Problem (»Wie erzielt man besser ein bestimmtes Lernziel?«, vgl. z. B. aus dem Bereich Statistik Biehler & Kombrink, 2004; Chance et al., 2007) oder eher von den Medien ausgehen (»Welche Lernziele kann das Medium X bedienen?«, vgl. z. B. Sammlungen zu verschiedenen Medien von Bastian & Aufenanger, 2017; Ruppert & Wörler, 2013). Häufig werden beide Bezugspunkte gleichzeitig genutzt, sodass eine trennscharfe Zuordnung nicht immer möglich ist (Wassong et al., 2014).

Nicht immer ist klar, in welchem Umfang solche Entwicklungsarbeiten theoriebasiert sind. Ein Beispiel, die Sammlung von thematisch fokussierten mathematischen Mikrowelten (SimCalc MathWorlds), entstand ursprünglich, um Calculus-Kurse medienbasiert zu reformieren. Sie bauen aber auf sorgfältigen fachlichen Analysen in der scholastisch-philosophischen Tradition auf (Kaput, 1997). Rund um den Kern der dynamischen Veranschaulichungen algebraischer und funktionaler Zusammenhänge wurde dann ein Modell für technologiebasierten Unterricht entwickelt, das aus Materialien, Medien, Curriculum und zugehörigen Lehrerfortbildungen besteht (Roschelle et al., 2010). Die Begleitforschung wurde über massives Drittmittelaufkommen finanziert. Auch die theoriebasierten Entwicklungsarbeiten der Digital Mathematics Environment<sup>5</sup> (DME) am Freudenthal Institute (Niederlande) sind durch Publikationen dokumentiert (Boon, 2006). Es handelt sich hier um kleinere Anwendungen zu speziellen Themen. Diese werden zusätzlich auch in exemplarischen digital gestützten Unterrichtsmodulen gebündelt, die mit didaktischem Begleitmaterial zur Verfügung gestellt werden. Für den Physikunterricht gibt es das Online-Portal LEIFiPhysik<sup>6</sup>, das eine themenorientierte Sammlung von digitalen Ressourcen bietet.

In diesen Bereich der pädagogischen Tradition fallen auch Arbeiten, die untersuchen, wie traditionelle Medien, Arbeitsmittel oder Experimente durch

---

5 [www.dwo.nl/site/index\\_en.html](http://www.dwo.nl/site/index_en.html)

6 [www.leifiphysik.de](http://www.leifiphysik.de)

digitale Äquivalente ersetzt werden können, was hier griffig mit dem Label »Mediensubstitution« belegt wird. Motivationslinien zur Legitimation der Substitution sind hier beispielsweise eine Modernisierung der unterrichtlichen Mittel oder die ständige/bessere/günstigere Verfügbarkeit. Typisch sind zahlreiche Vorschläge aus der Physik zum Experimentieren mit Smartphones (z. B. Klein et al., 2014). Seltener schließen sich bisher an diese Arbeiten die für die weitere Einschätzung der Auswirkungen solcher Substitutionen eigentlich notwendigen Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen auf Lernziele, Lernvoraussetzungen, Praktiken, Nutzungsarten durch Lehrende und Lernende etc. an.

Die Bandbreite der zahlreichen Arbeiten in der pädagogischen Tradition kann hier nicht vollständig dargestellt werden kann. Viele Beispiele verstehen sich als Prototypen mit dem Anspruch, dass die Vorgehensweise auf andere Anwendungsfelder transferierbar ist. Selten werden jedoch explizit übergreifende Prinzipien formuliert, die die Entwicklung der Vorgehensweisen selbst wissenschaftlich zugänglich werden lassen (»design-based research«). Ausnahmen sind die bereits genannten Gestaltungsprinzipien, die SimCalc MathWorlds und DME zugrunde liegen (Boon, 2006; Roschelle et al., 2010). Die tool-bezogenen Designprinzipien für Lernumgebungen im Bereich Daten und Zufall können ebenfalls als generalisierte Designprinzipien verstanden werden (Cobb & McClain, 2004). Das Artifact-Centric Activity-Theory (ACAT) Framework ist ein kürzlich vorgeschlagener Ansatz, um die Design-Prozesse bei der Entwicklung virtueller Werkzeuge für den Mathematikunterricht zu strukturieren (Ladel & Kortenkamp, 2013). Bisher fehlt jedoch in den meisten Fällen die explizite Untersuchung von Design-Prozessen.

Neben exemplarischen Arbeiten gehören zur pädagogischen Tradition auch größere Modellversuche, wie beispielsweise der bayerische M3-Modellversuch zum Einsatz von Computer-Algebra-Systemen (Weigand & Bichler, 2009; Weigand, 2006), der die flächendeckende Implementation dieser vorbereitet hat (ISB, 2011). Durch solche Modellversuche kann beispielsweise abgeschätzt werden, dass es bis zu einem Jahr dauern kann, bis ein neuer Taschenrechner im Unterricht eingeführt ist (Weigand & Bichler, 2009). Im BLK-Programm »SEMIK – Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse« (1998–2003) wurde ebenfalls eine Reihe von Modellprojekten durchgeführt, die in die pädagogi-



sche Tradition fallen und die teilweise einen deutlichen Fachbezug aufweisen (Mandl et al., 2003).

Drei wesentliche Schwierigkeiten werden bei der Sichtung der Arbeiten aus der pädagogischen Tradition ersichtlich: Zum einen wird häufig vernachlässigt, Evidenz für ein Referenzkriterium zu generieren, die die postulierte Verbesserung der pädagogischen Praxis überzeugend darlegen kann. Die Entwicklung einer einzelnen Lernumgebung oder eines einzelnen Mediums kann dies nicht leisten. Zum Zweiten ist häufig nicht untersucht – oder zumindest nicht berichtet –, inwiefern die Entwicklungsprodukte tatsächlich als kondensierte Best-practice-Beispiele gelten können, also beispielsweise Entwicklungszyklen durchlaufen haben. Zum Dritten zeigt die Lektüre der Beispiele, wie wenig nachhaltig die Entwicklung von Medien oder mediengestützten Lernumgebungen sein kann, vor allem, wenn auf eine Theoretisierung der Entwicklungsarbeiten zur Erlangung generalisierbarer Befunde verzichtet wurde<sup>7</sup>.

Empirisch-wissenschaftliche Tradition: Der dritte Typ der fachdidaktisch geprägten Beiträge steht nach Bishop (1992) in der empirisch-wissenschaftlichen Tradition, die zum Ziel hat, empirisch gestützte Modelle zur Beschreibung, Erklärung und Vorhersage von beobachtbaren Phänomenen zu entwickeln. In diesen Bereich fallen sowohl Arbeiten, die stärker qualitativ-rekonstruktive oder aber quantitativ-hypothesenprüfende Methoden nutzen.

Im Bereich der qualitativ-rekonstruktiven Arbeiten sind beispielsweise Studien zur Nutzung von Medien einzusortieren, die sich im Idealfall an eine Entwurfsphase in der scholastisch-philosophischen und eine Entwicklungsphase in der pädagogischen Tradition anschließen. Die Nutzerstudien beziehen sich theoretisch meist auf die oben bereits erwähnte Theorie der »instrumental genesis«.

Für neue Medien sind Studien zum Nutzungsverhalten insbesondere interessant, um eventuell Schwierigkeiten, die durch den Einsatz der Medien erst entstehen, aufzudecken. Dies sei an drei Beispielen aufgezeigt. Bei Hoff-

---

7 Im Gegensatz zu den frühen, eher scholastisch geprägten Arbeiten (Fey, 1989; Graf et al., 1992), die trotz aus heutiger Sicht belustigender Verweise wie dem auf die »vielversprechenden neuen Arbeitsspeicherstandards von 1,2 MB« (Graf et al., 1992) immer noch gewinnbringend gelesen werden können, gilt dies für deutlich jüngere Entwicklungsarbeiten, beispielsweise aus dem BLK-Programm (Mandl et al., 2004), überwiegend nicht.

kamp (2012) werden in Fallstudien die Nutzungsarten und die mediierende Rolle einer digitalen dynamischen Lernumgebung beim Erwerb konzeptuellen Verständnisses im Bereich funktionalen Denkens untersucht. Die digitale Lernumgebung ermöglicht, analytische Konzepte durch die Untersuchung variabler Situationen in grafischer Repräsentation zu entwickeln, gleichzeitig werden aber bei manchen Lernenden Repräsentationsmerkmale salient, die den Konzepterwerb behindern können. Hoffkamp (2012) kann instruktionale Hilfen herausarbeiten, die sich in dem Fall als geeignet erwiesen haben, um die Schwierigkeiten aufzulösen. In der Arbeit von Hattermann (2011, 2013) wird in Fallstudien die Nutzung des Zugmodus bei dreidimensionalen dynamischen Geometrie-Systemen (3D-DGS) anknüpfend an entsprechende Untersuchungen bei zweidimensionalen DGS (Arzarello et al., 2002), fokussiert. Es kann eine größere Varietät an Nutzungsarten dokumentiert werden, wobei die verwendeten Nutzungsarten sich mit fortschreitender Expertise der Benutzenden einschränken. Auf diese Weise ergibt sich das Potenzial, die beobachtete Nutzung als diagnostische Information über das fachliche Verständnis zu verstehen. Beispielsweise erweist sich dabei das Verständnis für Kreise im Raum als konzeptuelle Schwierigkeit, die sich in spezifischen Schwierigkeiten bei der Konstruktion im 3D-DGS ausdrückt. Der notwendige Grundvorstellungsumbruch bei der Erweiterung des Begriffs »Kreis« von der Ebene zum Raum wird bei der Bedienung des Mediums praktisch relevant und damit für die Lehrkraft auch sichtbar. Kieran und Drijvers (2006) können – ebenfalls an Fällen – aufzeigen, wie in einer gemischten Lernumgebung (Papier-Bleistift und CAS) über den Abgleich verschiedener Arbeitsweisen in den verschiedenen Medien der Erwerb konzeptuellen Verständnisses unterstützt wird. Dabei wird deutlich, wie gravierend sich die Arbeitsweisen im selben Inhaltsbereich zwischen den unterschiedlichen verwendeten Medien unterscheiden können.

Trotz einer nicht geringen Zahl an Arbeiten zum Nutzungsverhalten erscheint hier ein »blind spot« der fachdidaktischen Forschung: Wenig systematisch thematisiert wurden bisher Fragen der Integration verschiedener Medien im Fachunterricht, insbesondere auch über Lernorte hinweg (s. Kapitel 5, S. 138). Aus dem nicht fachspezifischen Diskurs, aber auch auf Grundlage der »instrumental genesis« lässt sich ableiten, dass insbesondere das In-Beziehung-Setzen der verschiedenen Nutzungsarten und fachbezogenen

Praktiken ein kritischer Punkt für die Kohärenz und damit die Unterstützung von Lernprozessen sein kann. Aus Sicht der Medienpädagogik ist dieses Desiderat bereits skizziert: »Schule hat die Aufgabe, Verbindungen zwischen den außerschulischen und schulischen Lernwelten herzustellen. Aus der Sicht jeden Unterrichtsfaches muss überlegt werden, welche außerschulischen kulturellen Praxen der Schülerinnen und Schüler für das fachliche Lernen von Bedeutung sind.« (Herzig & Grafe, 2010, S. 125). Aus fachlicher Sicht zählen zu den wichtigen außerschulischen Lernorten neben der »Welt« insbesondere außerschulische fachliche Angebote wie Lehr-Lern-Labore. Diese führen als Stärke häufig aus, dass sie durch den vielfältigeren Medieneinsatz eine größere Bandbreite an Lernzielen adressieren können. Mit Blick auf daraus resultierende unterschiedliche fachliche Praktiken stellt sich direkt die Frage, ob dieses Potenzial von Lernenden denn genutzt werden kann. Diese Frage hebt Aspekte der Medienintegration von einer technischen Ebene auf eine fachliche Nutzungsebene, scheint bisher aber wenig adressiert worden zu sein.

Insgesamt kann durch qualitativ-rekonstruktive Studien ein vertieftes Verständnis für Möglichkeiten und Schwierigkeiten von gut charakterisierten Lernumgebungen für bestimmte Lernziele erlangt werden. Die Arbeiten stellen im Rahmen eines »research-based designs« sowie der systematischen Weiterentwicklung (»design-based research«) wichtige Schritte dar und können Hinweise dafür liefern, dass angenommene Wirkmechanismen zutreffen bzw. was diese unterbindet. Den Beleg einer Wirksamkeit im engeren Sinn können sie meist nicht leisten, insbesondere, wenn Fragen der Generalisierbarkeit und Übertragbarkeit in andere Kontexte nicht adressiert werden.

Dazu wären prinzipiell quantitativ-hypothesenprüfende Zugänge geeignet. Im Rahmen der oben bereits erwähnten Entwicklungsarbeiten von Roth (2005, 2008) wurde beispielsweise die Lernumgebung zur dynamischen Interpretation statischer geometrischer Situationen (auch) einer quantitativen Evaluation im Prä-Post-Kontrollgruppendesign unterzogen, mit der nachgewiesen werden konnte, dass die Lernumgebung entsprechende Fähigkeiten differenziell fördert. Im oben genannten CAS-Modellversuch M3 wurde eine quantitative Evaluation im gleichen Design durchgeführt, wobei hier die Leistungstests ohne CAS zu bearbeiten waren und sich keine Unterschiede im mittleren Leistungsanstieg zeigten. Die beiden Beispiele zeigen recht deut-

lich, welche unterschiedlichen Evaluationskriterien angelegt werden können: Während die erste Studie eher darauf zielt, die Wirksamkeit der Lernumgebung nachzuweisen, zielt die zweite Studie eher darauf, negative Effekte der Lernumgebung auszuschließen. Obwohl beide Studien prinzipiell geeignete Studiendesigns wählen und somit zu den wenigen positiven Beispielen gehören, schränkt die konkrete Umsetzung teilweise die Belastbarkeit der Evaluationsergebnisse ein.

In Bezug auf den Aufwand am anderen Ende des Spektrums stehen quantitative Studien zum sogenannten Scaling-up. Dabei ist im Fokus, ob in kleineren Studien gefundene Effekte sich auch generalisieren lassen, wobei gleichzeitig Fragen nach den Bedingungen einer flächendeckenden Einführung in den Fokus rücken. Dazu gehören Studien zu Lernumgebungen auf Basis des DME (s. o., Boon, 2006; Drijvers et al., 2014; Jupri et al., 2015) und zur SimCalc-Umgebung (s. o., Roschelle et al., 2010). Die Studien nutzen das komplexe Design der randomisierten kontrollierten Large-Scale-Feldstudien und sind entsprechend ressourcenintensiv. Die Ergebnisse zeigen bei einer Untersuchung in den USA robuste Effekte der SimCalc-Umgebung (ca. 12 – 15 Tage Intervention) mit großen Effektstärken ( $d = 0,5$  bis  $d = 0,63$ ), die insbesondere auf große Unterschiede bei der Leistungsentwicklung in Bezug auf höherstehende mathematische Konzepte zurückgeführt werden können. In den Kontrollgruppen wurde zwar eine Lehrerfortbildung angeboten, die die höherstehenden Konzepte thematisiert (als content knowledge), und dazu Materialien bereitstellt. Die Materialien stellen aber keine integrierte Lernumgebung wie SimCalc dar, sind nicht mit der Interventionsbedingung parallelisiert und auch nur als Angebot zu verstehen (Roschelle et al., 2010). Entsprechend ist der Untersuchungsfokus eher, ob mit der SimCalc-Umgebung höherstehende mathematische Konzepte ohne Einbußen in Bezug auf grundlegende Konzepte vermittelt werden können. Nicht beantwortet wird beispielsweise, ob SimCalc eine effektivere Lernumgebung darstellt als andere Lernumgebungen, die auf ähnlichen Prinzipien aufbauen, oder ob insbesondere der Technologieeinsatz in SimCalc für Effekte verantwortlich ist. Die zwei großen Studien zu DME-Lernumgebungen (Drijvers et al., 2014, Niederlande; Jupri et al., 2015, Indonesien) kommen zu widerstreitenden Ergebnissen: Während in der Studie in Indonesien ein mittlerer Effekt auftrat (Cohens  $d = 0,32$ ), konnte in der niederländischen Studie kein Effekt beobachtet werden. Die spätere der beiden

Publikationen greift diesen Widerspruch nicht auf. Als potenzielle Erklärung für das Ausbleiben des Effekts in der niederländischen Studie wird ein Übertragungseffekt diskutiert, da dieselben Lehrkräfte im selben Zeitraum in der Kontroll- und Experimentalgruppe unterrichteten. Aus einer etwas anderen Sichtweise könnte die Kontrollgruppe dann allerdings als starke Kontrollgruppe interpretiert werden, die einen inhaltlich vergleichbaren Unterricht ohne Nutzung der DME-Medien erhielt. Die fehlenden Befunde könnten so auch ein Hinweis darauf sein, dass bisher gefundene Effekte aus vergleichenden Studien eventuell zum Teil auf schwache Kontrollgruppen und nicht den Medieneinsatz zurückzuführen sein könnten.

Zusammenfassend zeigt sich, dass der fachspezifische Diskurs (hauptsächlich am Beispiel Mathematik illustriert) facettenreich und in verschiedenen Traditionen verortet ist, wobei die Analyse deutliche Forschungslücken aufzeigt. In der scholastisch-philosophischen Tradition gibt es nur wenige Autoren, die auch mit interdisziplinärem Blick fachliche Fragestellungen theoretisch anbinden, beispielsweise, welchen Beitrag der Unterricht in einem Fach zur Medienerziehung allgemein leisten soll und kann. In Bezug auf die eingangs gestellte Frage nach dem Innovationspotenzial von Medien können aus der scholastisch-philosophischen Tradition Hinweise auf Fragen der Normenänderung gewonnen werden, insbesondere, wenn sich Veränderungen in den Praktiken im Fach(unterricht) oder den fachlichen Lernzielen aufzeigen lassen. Die Fragen der Veränderungen von fachlichen Lernzielen durch medieninduzierte Veränderungen im Fach oder dem Unterricht werden allerdings aktuell nicht systematisch bearbeitet. Frühe Arbeiten aus der Mathematik widmen sich diesem Thema intensiv, ohne dass es abschließend bearbeitet wurde. Für die naturwissenschaftlichen Fächer scheint es bisher kaum adressiert zu sein. Für die wissenschaftspropädeutischen Ziele der Sekundarstufe II sowie die Übergangsproblematik von der Schule zur Universität könnte aber zentral sein, ob die im Unterricht abgebildeten fachspezifischen Methoden und Medien und damit entwickelten Arbeitsweisen zu den in der zugehörigen Fachwissenschaft genutzten anschlussfähig sind. Blömeke sieht in der Bearbeitung solcher Fragen, die als Teil einer fachspezifischen Medienkunde verstanden werden können, eine der genuin fachdidaktischen medienbezogenen Aufgaben (Blömeke, 2003b). Allerdings sind diese Fragen nicht aus der Fachdidaktik heraus allein zu beantworten, da sie zwangsläufig wissen-

schaftstheoretische Fragen und das Selbstverständnis des akademischen Bezugsfachs berühren.

Mit dem Blick auf die Arbeiten, die in der pädagogischen Tradition stehen, fällt auf, dass wenige generalisierbare Erkenntnisse vorliegen. Um einem Missverständnis vorzubeugen: Es ist damit nicht gemeint, dass Erkenntnisse fach- und themenübergreifend (vergleichbar den Gestaltungsprinzipien, die sich aus kognitionspsychologischen Grundlagentheorien herleiten) gelten müssen, weil sie auf vermeintlich universalen Mechanismen beruhen. Vielmehr ist dem Erkenntnisinteresse gemäß eher aufzuzeigen, welche Design-Prinzipien und -Prozesse für welche Zwecke nach welchem Evaluationskriterium geeignet sind und wie idealtypische Diffusions- und Implementationsprozesse funktionieren. Die Forschungsmethoden und nicht fachspezifischen Bezugslinien dazu existieren und könnten übertragen und für fachspezifische Zwecke ausdifferenziert werden. Insbesondere ist die systematische Untersuchung der Übertragbarkeit von als »best practice« geltenden Beispielen auf andere Themen oder Ausgangslagen meist offen. In Bezug auf die eingangs gestellte Frage nach dem Innovationspotenzial von Medien können aus der pädagogischen Tradition Hinweise auf Erleichterungen und Verbesserungen in Bezug auf praktische Referenzkriterien (Verbesserung des Fachunterrichts) gewonnen werden. Dabei ist die entscheidende Frage die nach den geeigneten Evaluationskriterien zum Nachweis der Verbesserungen: Aufgrund der multikriterialen Zielsetzung von Fachunterricht, den unterschiedlichsten Konzepten von Lehren, Lernen und Unterricht im Fach sowie normativ unterschiedlich geprägten Vorstellungen von (Unterrichts-)Qualität kommt für die Frage »Was heißt besser?« eine Vielzahl von Evaluationskriterien in Betracht. Gerade deswegen ist es essenziell, die Evaluationskriterien transparent darzulegen und zu begründen. Bei der Begründung der fachspezifischen Referenzkriterien zeigt sich wiederum die wichtige Rolle von Beiträgen aus der scholastisch-philosophischen Tradition. Viele Entwicklungsarbeiten verzichten aber darauf und scheinen eher darauf zu vertrauen, dass die Qualität des Entwicklungsprodukts für sich spricht. Damit wird aber die Nachvollziehbarkeit des selbst angelegten Referenzkriteriums ausgeschlossen.

In der empirisch-wissenschaftlichen Tradition spiegelt sich vor allem in den empirisch-qualitativen Arbeiten ein klares Erkenntnisinteresse der Fachdidaktiken: Wie können mediengestützte fachliche Lernprozesse beschrie-

ben werden? Wie lässt sich mediengestütztes fachliches Lernen erklären? Und welche Vorhersagen, beispielsweise über die Wirksamkeit, lassen sich daraus ableiten? Bisher scheinen die meisten Arbeiten allerdings auf die Analyse von Fällen, das Herausarbeiten von Typen oder den Nachweis der Existenz von gewissen Phänomenen gerichtet. Aufgrund der vielen möglichen fachlichen Themen ist es schwer, einen Überblick über die Arbeiten zu bewahren, wenn nicht gemeinsame Bezugstheorien genutzt werden. Es ist auffällig, dass quantitativ-hypothesenprüfende Zugänge bisher – vor allem im Vergleich zur Fülle der empirisch-qualitativen Arbeiten und Entwicklungsarbeiten – selten genutzt werden. Die Kurzdarstellung der selektierten empirisch-quantitativen Arbeiten zeigt, wie komplex das Forschungsfeld ist. Jede Studie kann nur eine Teilfragestellung beantworten, sodass offensichtlich wird, warum eine kumulative Entwicklung des Forschungsfeldes durch aufeinander aufbauende Studien, die wechselseitige Nutzung der Erkenntnisse und gezielte Weiterentwicklung der Forschungsfragen sinnvoll ist. Die systematische Implementationsforschung, also die Untersuchung von Faktoren, die die erfolgreiche Implementation einer effektiven Lernumgebung im flächendeckenden Einsatz (Scaling-up) behindern oder begünstigen können, fehlt bisher. In Bezug auf die eingangs gestellte Frage nach dem Innovationspotenzial von Medien könnte die empirisch-wissenschaftliche Tradition zum einen Evidenz liefern, inwiefern theoretisch angenommene Veränderungen sich in Normen und praktischen Referenzkriterien tatsächlich niederschlagen. Arbeiten dazu fehlen allerdings weitgehend. Zum anderen zeigen beispielsweise die Nutzungsstudien, dass es sich bei mediengestützten Lernprozessen tatsächlich teilweise um andersartige oder neuartige Lernprozesse handelt. Das Neuartige der potenziellen Innovation kann auf diese Weise sichtbar werden. Jedoch sind diese Einzelbefunde noch nicht durch geeignete Rahmentheorien miteinander in Verbindung gebracht und als robust nachgewiesen, sodass sie noch nicht in Veränderungen auf Seiten der gesellschaftlichen Normen sichtbar werden.

## INNOVATION ODER NICHT? ZUM STAND DER DIGITALEN MEDIEN IM FACHUNTERRICHT

Kann man nun im Zusammenhang mit digitalen Medien im Fachunterricht von Innovationen sprechen oder nicht? Ein Fazit soll anhand der Kriterien »neu«, »neuartig« und »Veränderung der Referenzsysteme« (Rammert, 2010) erfolgen.

Zum »Neuen« (zeitliche Dimension): Digitale Medien sind in zeitlicher Dimension und vor allem im Kontrast zu »herkömmlichen«, nicht digitalen Medien als unterrichtlich verfügbare Mittel immer noch als »neu« zu kennzeichnen, selbst wenn die technischen Lösungen teilweise bereits seit Jahr(zehnt)en bereitstehen.

Zum »Neuartigen« (sachliche Dimension): Unter den digitalen Medien gibt es Medien, die auch sachlich im Vergleich zu »herkömmlichen« Medien als neuartig zu bewerten sind. Zum einen können gewisse Medien Veränderungen in den Lernzielen bedingen, beispielsweise, wenn sie einen Sachverhalt erst vermittelbar machen (z. B. bei dynamischen Sachverhalten). Medien können zudem als neuartig bewertet werden, wenn sie zu deutlich anderen Praktiken führen. In Fallstudien konnten auch medieninduzierte Veränderungen in Bezug auf fachliche Lernprozesse, beispielsweise die Begriffsbildung, nachgewiesen werden. Das Neuartige ist aber im Einzelfall zu bewerten, insbesondere gibt es auch Medieneinsätze, die kaum Veränderungen auf der sachlichen Dimension zur Folge haben, beispielsweise wenn ein digitales Medium ein analoges in gleicher didaktischer Funktion substituiert.

Zur Veränderung der Referenzsysteme (soziale Dimension): Schaffen digitale Medien Veränderungen in Bezug auf gesellschaftlich geteilte Werte oder Normen? Beobachtet werden konnte bereits, dass sich beispielsweise unterrichtliche Praktiken oder Rollen von Lehrkräften und Lernenden ändern, was soziale Beschreibungskategorien darstellt (Blömeke et al., 2006). Die gesellschaftliche Wahrnehmung fachlicher Charakteristika kann sich durch unterrichtliche Veränderungen ebenfalls verändern. Beispielsweise gibt es Hinweise darauf, dass durch die Auslagerung von Algorithmen an Taschenrechner/CAS Mathematik weniger kalkülorientiert, dafür aber stärker anwendungsorientiert wahrgenommen wird (Henn, 2004). Bereits erkennbar ist, dass die praktische Wertigkeit »analoger« Kulturtechniken sich in Konkurrenz zu



»neuen« Kulturtechniken der Digitalisierung relativiert (vgl. z. B. die durch den Grundschulverband angestoßene Diskussion um die Notwendigkeit einer Schreibschrift<sup>8</sup>).

Der theoretisch zudem geforderte Mehrwert einer Innovation, die sich in Erleichterungen oder Verbesserungen in Bezug auf einen sozialen Referenzrahmen ausdrückt, ist für digitale Medien derzeit eher ambivalent zu bewerten. Auf der einen Seite stehen erwartete Verbesserungen in Bezug auf die Lernwirksamkeit mediengestützten Unterrichts – insbesondere unter Berücksichtigung der (derzeit) normativ positiv besetzten Kriterien Individualisierung, Adaptivität und Ubiquität (s. Abschnitt »Bildungspolitischer Diskurs«, S. 59, zu Utopien im bildungspolitischen Diskurs). Bisher steht der Nachweis der angeführten Effekte allerdings in weiten Teilen noch aus. Auf der anderen Seite stehen bekannte Probleme, die teilweise erst durch die Nutzung digitaler Medien auftreten (z. B. technische Probleme, zusätzliche Lernschwierigkeiten durch fehlende Benutzungscompetenz, s. Kapitel 2, S. 38, Qualifikationslücke der Lehrkräfte, Fragen der Integration über analoge und digitale Medien, Fragen der Kohärenz bei ubiquitären Lernprozessen, s. Kapitel 5, S. 138). Erschwerend kommt der Investitionsbedarf hinzu, der sich aus einer umfassenden Digitalisierung der Bildung ergibt und dessen ökonomische Bewertung, wie oben aufgezeigt, komplex ist (s. Abschnitt »Nicht fachspezifische Bezugslinien«, S. 66, zum ökonomischen Diskurs). In Abwägung der verschiedenen Seiten unter Berücksichtigung der vorliegenden Evidenzen kann kaum allgemein entschieden werden, ob Medieneinsatz im Fachunterricht prospektiv instruktionale Probleme bereitet oder lösen kann.

Damit ist das im Kern durchaus innovative Potenzial digitaler Medien differenziert herausgestellt, auch wenn noch nicht alle Charakteristika zur klaren Kennzeichnung einer Innovation erfüllt sind: Es ist unstrittig, dass digitale Medien auf der Ebene des gesellschaftlichen Diskurses als Innovation gekennzeichnet sind. Auf bildungspolitischer Ebene ist ebenfalls ein weit vorangeschrittener Prozess festzustellen, der zunehmend Niederschlag in normsetzenden Rahmenvorgaben findet. Auf praktischer Ebene lässt sich die einer Innovation innewohnende Relevanz (im Sinne einer relevanten Erleichterung oder Verbesserung) bisher nicht klar erkennen. Die Analyse der wis-

---

8 <http://grundschulverband.de/grundschrift>

senschaftlichen Diskurse weist aber auch auf deutliche Forschungsdesiderata hin, vor allem im fachdidaktischen Bereich (vgl. Anhang, S. 195). Zum einen müssen die Fachdidaktiken sich der Frage stellen, ob sie das Veränderungspotenzial, das die Digitalisierung in den Fachunterricht bringt, richtig einschätzen. Wird das Veränderungspotenzial unterschätzt und die Forschung nicht darauf ausgerichtet, so können die Fachdidaktiken ihre Relevanz als Wissenschaft vom Lehren und Lernen im Fachunterricht einbüßen. Zum anderen besteht der praktische Auftrag, Fachlehrkräfte für das Unterrichten mit Medien auszubilden. Die Fachdidaktik steht vor der Wahl, ob sie dafür nur eine Integrationsfunktion (Blömeke, 2003b) über die Bezugsdisziplinen wie Fach, Mediendidaktik und Psychologie wahrnehmen möchte oder nicht doch auch einen eigenständigen fachdidaktischen Beitrag leisten kann.

#### AUF EINEN BLICK

- Auf gesellschaftlicher Ebene herrscht in Deutschland eine relative Skepsis gegenüber mediengestützten Bildungsprozessen, Medien in Lernwelten werden allerdings aktuell über einen Top-down-Ansatz forciert eingeführt.
- Der wissenschaftliche Diskurs zeigt, dass Fragen des Medieneinsatzes komplex sind und noch große Forschungslücken bestehen.
- Gerade fachspezifische Ansätze weisen aber darauf hin, dass Medien Veränderungen im Fach, den fachlichen Praktiken und den unterrichtlichen Prozessen bedingen können.
- Eine systematische Bearbeitung zentraler fachdidaktischer Fragestellungen, um die Veränderungen aktiv gestalten zu können, steht in weiten Teilen aus.

## LITERATUR

- Abbitt, J. T. (2011). Measuring technological pedagogical content knowledge in preservice teacher education: A review of current methods and instruments. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(4), 281 – 300.
- Acemoglu, D., Dorn, D., Hanson, G. H. & Price, B. (2014). Return of the Solow paradox? IT, productivity, and employment in US manufacturing. *The American Economic Review*, 104(5), 394 – 399.
- Ainsworth, S., Bibby, P. & Wood, D. (2002). Examining the effects of different multiple representational systems in learning primary mathematics. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 25 – 61.
- Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245 – 274.
- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D. & Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *ZDM*, 34(3), 66 – 72.
- Barzel, B. (2012). *Computeralgebra im Mathematikunterricht: ein Mehrwert – aber wann?* Münster: Waxmann.
- Bastian, J. & Aufenanger, S. (Hrsg.). (2016). *Tablets in Schule und Unterricht: Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien*. Wiesbaden: Springer.
- BDA (2017). *Presseinformation Nr. 023/2017 des Bundes der Arbeitgeber*. Verfügbar unter: [www.arbeitgeber.de/www/arbeitgeber.nsf/id/de\\_pi02317](http://www.arbeitgeber.de/www/arbeitgeber.nsf/id/de_pi02317) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Biehler, R. & Kombrink, K. (2004). Elementare Stochastik interaktiv – Einführende Stochastikausbildung mit Unterstützung didaktisch orientierter Werkzeugsoftware. In R. Biehler, J. Engel & J. Meyer (Hrsg.), *Neue Medien und innermathematische Vernetzungen in der Stochastik. Anregungen zum Stochastikunterricht (Band 2, S. 151 – 168)*. Hildesheim: Franzbecker.
- Bishop, A. J. (1992). International perspectives on research in mathematics education. In D. A. Grouws (Hrsg.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (S. 710 – 723). New York: Macmillan.
- BLK (1987). *Gesamtkonzept für die informationstechnische Bildung (Materialien zur Bildungsplanung, Heft 16)*. Bonn: BLK.
- Blömeke, S. (2003a). Lehren und Lernen mit neuen Medien-Forschungsstand und Forschungsperspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 31(1), 57 – 82.
- Blömeke, S. (2003b). Neue Medien in der Lehrerausbildung. Zu angemessenen (und unangemessenen) Zielen und Inhalten des Lehramtsstudiums. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 1 – 29.
- Blömeke, S., Müller, C. & Eichler, D. (2006). Unterricht mit digitalen Medien – zwischen Innovation und Tradition? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 632 – 650.
- BMBF (2016, Oktober). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. Berlin: BMBF. Verfügbar unter:

- [www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive\\_fuer\\_die\\_digitale\\_Wissensgesellschaft.pdf](http://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf)  
 (letzter Zugriff: 18.11.2016).
- Boon, P. (2006). Designing didactical tools and micro-worlds for mathematics education. In C. Hoyles, JB Lagrange, L. H. Son & N. Sinclair (Hrsg.), *Proceedings of the 17th ICMI Study Conference (Band 2, S. 38 – 47)*. Verfügbar unter: [www.mathunion.org/icmi/digital-library/icmi-study-conferences/icmi-study-17-conference](http://www.mathunion.org/icmi/digital-library/icmi-study-conferences/icmi-study-17-conference) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Borghans, L. & Ter Weel, B. (2004). Are computer skills the new basic skills? The returns to computer, writing and math skills in Britain. *Labour Economics*, 11(1), 85 – 98.
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., ... & Wendt, H. (2014). *ICILS 2013. Computer-und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Brantley-Dias, L. & Ertmer, P. A. (2013). Goldilocks and TPACK: Is the construct 'just right?'. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(2), 103 – 128.
- Chance, B., Ben-Zvi, D., Garfield, J. & Medina, E. (2007). The role of technology in improving student learning of statistics. *Technology innovations in statistics education Journal*, 1(1).
- Cobb, P. & McClain, K. (2004). Principles of instructional design for supporting the development of students' statistical reasoning. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Hrsg.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (S. 375 – 395). Dordrecht: Springer.
- De Witt, C. & Czerwionka, T. (2005). *Mediendidaktik. Studentexte zur Erwachsenenbildung*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y. & Maschietto, M. (2016). *Uses of technology in lower secondary mathematics education. A concise topical survey*. Heidelberg: SpringerOpen.
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H. & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: Instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in mathematics*, 75(2), 213 – 234.
- Drijvers, P., Doorman, M., Kirschner, P., Hoogveld, B. & Boon, P. (2014). The effect of online tasks for algebra on student achievement in grade 8. *Technology, Knowledge and Learning*, 19(1-2), 1 – 18.
- Eickelmann, B. (2011). Supportive and hindering factors to a sustainable implementation of ICT in schools. *Journal for educational research online*, 3(1), 75 – 103.
- Eurostat (2016). *ICT usage in households and by individuals (isoc\_i)*. Datensatz. [http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/de/isoc\\_i\\_esms.htm](http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/de/isoc_i_esms.htm) (letzter Zugriff: 10.07.2017)
- Feltovich, P. J., Spiro, R. J. & Coulson, R. L. (1993). Learning, teaching, and testing for complex conceptual understanding. In N. Frederiksen, R. J. Mislevy & I. I. Bejar (Hrsg.), *Test theory for a new generation of tests* (S. 181 – 217). New York: Routledge.
- Fey, J. T. (1989). Technology and mathematics education: A survey of recent developments and important problems. *Educational Studies in Mathematics*, 20(3), 237 – 272.

- Fuchs, T. & Wößmann, L. (2004). Computers and student learning: bivariate and multivariate evidence on the availability and use of computers at home and at school. *Brussels Economic Review*, 47(3-4), 359 – 386.
- Graf, K. D., Fraser, R., Klingens, L., Stewart, J. & Winkelmann, B. (1992). The effect of computers on the school mathematics curriculum. In B. Cornu, & A. Ralston (Hrsg.), *The influence of computers and informatics on mathematics and its teaching (Science and technology education Band 44, S. 57 – 79)*. Paris: UNESCO.
- Hattermann, M. (2011). *Der Zugmodus in 3D-dynamischen Geometriesystemen (DGS)*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Hattermann, M. (2013). Nutzerstudien zur Verwendung des Zugmodus bei Konstruktionsaufgaben in dynamischen Raumgeometriesystemen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34(2), 209 – 236.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Abingdon: Routledge.
- Hawkrige, D. (1990). Who needs computers in schools, and why? *Computers & Education*, 15(1 – 3), 1 – 6.
- Hegedus, S., Laborde, C., Brady, C., Dalton, S., Siller, H. S., Tabach, M., ..., & Moreno-Armella, L. (2017). *Uses of Technology in Upper Secondary Mathematics Education*. Heidelberg: SpringerOpen.
- Henn, H. W. (2004). Computer-Algebra-Systeme – junger Wein oder neue Schläuche? *Journal für Mathematik-Didaktik*, 25(3 – 4), 198 – 220.
- Herzig, B. & Grafe, S. (2010). Digitale Lernwelten und Schule. In K.-U. Hugger & M. Walber (Hrsg.), *Digitale Lernwelten (S. 115 – 127)*. Wiesbaden: Springer.
- Herzig, B. & Tulodziecki, G. (2004). *Handbuch Medienpädagogik Band 2. Mediendidaktik*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Heymann, H. W. (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik*. Weinheim: Beltz.
- Hischer, H. (2016). *Mathematik – Medien – Bildung – Medialitätsbewusstsein als Bildungsziel: Theorie und Beispiele*. Berlin: Springer.
- Hoffkamp, A. (2011). The use of interactive visualizations to foster the understanding of concepts of calculus: design principles and empirical results. *ZDM*, 43(3), 359 – 372.
- Hoffkamp, A. (2012). *Entwicklung qualitativ-inhaltlicher Vorstellungen zu Konzepten der Analysis durch den Einsatz interaktiver Visualisierungen-Gestaltungsprinzipien und empirische Ergebnisse*. Dissertation. TU Berlin.
- Höffler, T. N. (2010). Spatial ability: Its influence on learning with visualizations – a meta-analytic review. *Educational psychology review*, 22(3), 245 – 269.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 17(6), 722 – 738.
- Horz, H. (2009). Medien. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie (S. 103 – 133)*. Berlin: Springer.
- Hoyle, C. & Lagrange, J. B. (2010). *Mathematics education and technology: Rethinking the terrain*. Berlin: Springer.
- Initiative D21 e.V. (2016a). *D21-Digital-Index 2016. Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesell-*

- schaft. Berlin: Initiative D21. Verfügbar unter: [www.initiated21.de/wp-content/uploads/2016/11/Studie-D21-Digital-Index-2016.pdf](http://www.initiated21.de/wp-content/uploads/2016/11/Studie-D21-Digital-Index-2016.pdf) (letzter Zugriff: 16.12.2016).
- Initiative D21 e.V. (2016b). *Sonderstudie »Schule digital« 2016. Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte*. Berlin: Initiative D21 e.V. Verfügbar unter: [www.initiated21.de/wp-content/uploads/2016/11/D21\\_Schule\\_Digital2016.pdf](http://www.initiated21.de/wp-content/uploads/2016/11/D21_Schule_Digital2016.pdf) (letzter Zugriff: 16.12.2016).
- ISB (2010). *Computeralgebrasysteme (CAS) im Mathematikunterricht des Gymnasiums. Jahrgangsstufe 10*. München: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung. Verfügbar unter: [www.isb.bayern.de/download/8237/cas\\_mathematik\\_gymnasium.pdf](http://www.isb.bayern.de/download/8237/cas_mathematik_gymnasium.pdf) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Jupri, A., Drijvers, P. & van den Heuvel-Panhuizen, M. (2015). Improving grade 7 students' achievement in initial algebra through a technology-based intervention. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 1(1), 28 – 58.
- Kaput, J. J. (1997). Rethinking calculus: Learning and thinking. *The American Mathematical Monthly*, 104(8), 731 – 737.
- Kay, R. H. (2006). Evaluating strategies used to incorporate technology into preservice education: A review of the literature. *Journal of research on technology in education*, 38(4), 383 – 408.
- Kieran, C. & Drijvers, P. (2006). The co-emergence of machine techniques, paper-and-pencil techniques, and theoretical reflection: A study of CAS use in secondary school algebra. *International journal of computers for mathematical learning*, 11(2), 205 – 263.
- Klein, F. (1904). Über eine zeitgemäße Umgestaltung des mathematischen Unterrichts an höheren Schulen. In F. Klein & E. Riecke (Hrsg.), *Neue Beiträge zur Frage des Mathematischen und Physikalischen Unterrichts an den höheren Schulen*. Leipzig: B. G. Teubner.
- Klein, P., Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, 49(4), 412.
- KMK (2003). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 4.12.2003. Bonn: KMK.
- KMK (2004a). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2004b). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2004c). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2004d). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Bonn: KMK.
- KMK (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 08.09.2016. Bonn: KMK.
- KMK (2012a). *Medienbildung in der Schule*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 8.3.2012. Bonn: KMK.

- KMK (2012b). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2012. Bonn: KMK.
- KMK (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz »Bildung in der digitalen Welt«*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 8.12.2016. Bonn: KMK.
- Knezek, G. & Christensen, R. (2016). Extending the will, skill, tool model of technology integration: adding pedagogy as a new model construct. *Journal of Computing in Higher Education*, 28(3), 307 – 325.
- Koehler, M. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60 – 70.
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Springer-Verlag.
- Krüger, K. (2000). Kinematisch-funktionales Denken als Ziel des höheren Mathematikunterrichts – das Scheitern der Meraner Reform. *Mathematische Semesterberichte*, 47(2), 221 – 241.
- Ladel, S. & Kortenkamp, U. (2013). Designing a technology based learning environment for place value using artifact-centric activity theory. In A. M. Lindmeier & A. Heinze (Hrsg.), *Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, S. 181 – 210). Kiel: PME.
- Law, N., Pelgrum, W. J. & Plomp, T. (Eds.). (2008). *Pedagogy and ICT use in schools around the world: Findings from the IEA SITES 2006 study*. New York: Springer.
- Mandl, H., Hense, J. & Kruppa, K. (2003). *SEMIK: Abschlussbericht der wissenschaftlichen Programmbegleitung und zentralen Evaluation*. München: LMU.
- Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, G. & Gräsel, C. (1998). *Gutachten Rahmenkonzept für das BLK-Programm »Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr-Lernprozesse«*. München: Universität München.
- Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, G. & Gräsel, C. (1998). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Systematische Einbeziehung von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozesse«*. Bonn: BLK. Verfügbar unter: [www.blk-bonn.de/papers/heft66.pdf](http://www.blk-bonn.de/papers/heft66.pdf) (letzter Zugriff: 18.11.2016).
- Mayer, R. E. (2008a). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American psychologist*, 63(8), 760 – 769.
- Mayer, R. E. (2008b). Research-based principles for learning with animation. In R. Lowe & W. Schnotz (Hrsg.), *Learning with animation: Research implications for design* (S. 30 – 48). New York: Cambridge University Press.
- Mumtaz, S. (2000). Factors affecting teachers' use of information and communications technology: a review of the literature. *Journal of information technology for teacher education*, 9(3), 319-342.
- Niesyto, H. (2009). Digitale Medien, soziale Benachteiligung und soziale Distinktion. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 17, 1 – 19.
- OECD (2012). *Key ICT Indicators. Households with access to a home computer*. Datensatz. Verfügbar unter: [www.oecd.org/sti/broadband/oecdkeyictindicators.htm](http://www.oecd.org/sti/broadband/oecdkeyictindicators.htm) (letzter Zugriff: 13.12.2016).

- OECD (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*. Paris: OECD.
- Pant, H. A., Vock, M., Pöhlmann, C. & Köller, O. (2008). Offenheit für Innovationen. Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(6), 827 – 845.
- Peschek, W. (1999). Mathematische Bildung meint auch Verzicht auf Wissen. In G. Kadunz, G. Ossimiz, W. Peschek, E. Schneider & B. Winkelmann (Hrsg.), *Mathematische Bildung und Neue Technologien* (S. 263 – 270). Leipzig: Vieweg + Teubner.
- Petko, D. (2012). Teachers' pedagogical beliefs and their use of digital media in classrooms: Sharpening the focus of the 'will, skill, tool' model and integrating teachers' constructivist orientations. *Computers & Education*, 58(4), 1351 – 1359.
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik. Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Weinheim: Beltz.
- Plomp, T. & Nieveen, N. (2013). *Educational design research. Part A: An Introduction*. Enschede: SLO. Verfügbar unter: [www.slo.nl/downloads/2013/educational-design-research-part-a.pdf](http://www.slo.nl/downloads/2013/educational-design-research-part-a.pdf) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Prasse, D. (2012). *Bedingungen innovativen Handelns in Schulen. Funktion und Interaktion von Innovationsbereitschaft, Innovationsklima und Akteursnetzwerken am Beispiel der IKT-Integration an Schulen*. Münster: Waxmann.
- Rammert, W. (2010). *Die Innovationen der Gesellschaft (Technical University Technology Studies Working Papers TUTS-WP-2-2010)*. Berlin: TU Berlin. Verfügbar unter: [www.ts.tu-berlin.de/fileadmin/fg226/TUTS/TUTS-WP-2-2010.pdf](http://www.ts.tu-berlin.de/fileadmin/fg226/TUTS/TUTS-WP-2-2010.pdf) (letzter Zugriff: 21.11.2016).
- Roschelle, J., Shechtman, N., Tatar, D., Hegedus, S., Hopkins, B., Empson, S., ..., & Gallagher, L. P. (2010). Integration of technology, curriculum, and professional development for advancing middle school mathematics: Three large-scale studies. *American Educational Research Journal*, 47(4), 833 – 878.
- Roth, J. (2005). *Bewegliches Denken im Mathematikunterricht*. Hildesheim: Franzbecker.
- Roth, J. (2008). Zur Entwicklung und Förderung beweglichen Denkens im Mathematikunterricht. Eine empirische Längsschnittuntersuchung. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29(1), 20 – 45.
- Ruppert, J. W. M. & Wörler, J. (Hrsg.) (2013). *Technologien im Mathematikunterricht*. Wiesbaden: Springer.
- Schmidt-Thieme, B. & Weigand, H. G. (2015). Medien. In *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 461 – 490). Berlin: Springer.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1 – 23.
- Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J. & Anderson, D. K. (1988). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In *The tenth annual conference of the cognitive science society* (S. 375 – 383). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Straub, E. T. (2009). Understanding technology adoption: Theory and future directions for informal learning. *Review of educational research*, 79(2), 625 – 649.



- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251 – 296.
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134 – 144.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human / machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for mathematical learning*, 9(3), 281 – 307.
- Vogel, M. (2014). Visualisieren – Explorieren – Strukturieren: Multimediale Unterstützung beim Modellieren von Daten durch Funktionen. In T. Wassong, D. Frischemeier, P. R. Fischer, R. Hochmuth & P. Bender (Hrsg.), *Mit Werkzeugen Mathematik und Stochastik lernen – Using Tools for Learning Mathematics and Statistics* (S. 97 – 111). Wiesbaden: Springer.
- Vogel, M., Girwidz, R. & Engel, J. (2007). Supplantation of mental operations on graphs. *Computers & Education*, 49(4), 1287 – 1298.
- Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J. & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109 – 121.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological functions*. Cambridge: Harvard University.
- Wassong, T., Frischemeier, D., Fischer, P. R., Hochmuth, R. & Bender, P. (2014). (Hrsg.). *Mit Werkzeugen Mathematik und Stochastik lernen*. Wiesbaden: Springer.
- Weigand, H. G. (2006). Der Einsatz eines Taschencomputers in der 10. Jahrgangsstufe – Evaluation eines einjährigen Schulversuchs. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 27(2), 89 – 112.
- Weigand, H. G. & Bichler, E. (2009). The long term project »Integration of symbolic calculator in mathematics lessons« – The case of calculus. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne & F. Arzarello (Hrsg.). *CERME 6. Proceedings of the Sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (S. 1191 – 1200). Lyon: INRP.
- Weigand, H. G. & Bichler, E. (2010). Towards a competence model for the use of symbolic calculators in mathematics lessons: the case of functions. *ZDM*, 42(7), 697 – 713.

## ÜBER DIE AUTORIN



---

**Anke Lindmeier** ist seit 2012 Professorin für Didaktik der Mathematik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN). Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören fachspezifische Wissens- und Kompetenzbereiche von Mathematiklehrkräften und pädagogischen Fachkräften sowie der Erwerb komplexer Kompetenzen. Sie leitet mehrere Forschungsprojekte zur differenzierten Beschreibung von Bedingungen und Effekten verschiedener professioneller Kompetenzbereiche.

---

Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht (2018). Ropohl, Lindmeier, Härtig, Kampschulte, Mühling und Schwanewedel (Hrsg.), Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag

# LERNPROZESSE UND LERNPRODUKTE MIT DIGITALEN MEDIEN DIAGNOSTIZIEREN?

Digitale Medien für formative und summative Diagnose

*Mathias Ropohl, Kirsten Diehl, Markus Gebhardt,  
Marja van den Heuvel-Panhuizen, Andreas Mühlhling und  
Sascha Schanze*

In der empirischen Bildungsforschung wird stets betont, dass die Diagnose von Lernprozessen und deren Verläufen eine wichtige Voraussetzung für die konstruktive Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim Lernen durch die Lehrkraft ist. Im Unterricht gilt es daher, möglichst nicht nur Lernprodukte zu einem bestimmten Zeitpunkt zu bewerten, um beispielsweise Schullaufbahneempfehlungen oder Empfehlungen über die Berufseignung auszusprechen (summative Diagnose; Selektionsfunktion von Diagnostik). Vielmehr müssen auch die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler überwacht werden und der Unterricht entsprechend des Kompetenzaufbaus bzw. möglicher Schwierigkeiten angepasst werden (formative Diagnose; Modifikationsfunktion von Diagnostik). Dies setzt jedoch voraus, dass die Lernprozesse aller Schülerinnen und Schüler einer Klasse stets im Blick gehalten werden können und nicht nur punktuell Lernprodukte bewertet werden.

Derzeit werden Verfahren entwickelt und evaluiert, die die Diagnose von Lernprozessen gezielt unterstützen. Zentrales Element dieser Verfahren ist der Einsatz von Computern zur Diagnose und Bewertung von Kompetenzen sowie zum Geben von Rückmeldungen während eines Lernprozesses. Digitalen Medien im Allgemeinen und Computern im Speziellen wird dabei eine wichtige Rolle zugeschrieben, da sie aufgrund der automatischen und nahezu simultanen Erfassung, Bewertung und Rückmeldung eine effiziente und individuelle Diagnose erst ermöglichen. Bei häufigem Einsatz von computergestützter Diagnostik lassen sich zudem zeitliche Entwicklungsverläufe abbilden. Außerdem können durch das Potenzial der prozessorientierten und adaptiven Messung von Kompetenzen diagnostische Informationen generiert werden, die zur adaptiven Planung von Lehr-Lern-Prozessen führen können.

Anhand von drei Beispielen wird in diesem Kapitel das Potenzial digitaler Medien und insbesondere computergestützter Lern- und Diagnoseumgebungen bezüglich der summativen und formativen Diagnostik aufgezeigt. Es wird unter anderem dargestellt, wie anhand der von digitalen Medien bereitgestellten Informationen nachgelagert Lerngelegenheiten angepasst und dadurch Lernprozesse optimiert werden können. Doch zunächst wird in allgemein-pädagogische Aspekte summativer und formativer Diagnostik eingeführt. Dabei werden Charakteristika der Individualdiagnostik sowie die Chancen der formativen Diagnostik für eine konstruktive Unterstützung der Schülerinnen und Schüler herausgestellt. Anschließend werden darauf aufbauend die Potenziale des Einsatzes digitaler Medien beschrieben.

## ZIELE FORMATIVER UND SUMMATIVER DIAGNOSTIK

Das Ziel von Diagnostik ist zunächst das Gewinnen von möglichst detaillierten Informationen über kompetenzbezogene Merkmale einer Schülerin oder eines Schülers. Die bei der Individualdiagnostik gewonnenen Informationen können im Wesentlichen für zwei verschiedene Zwecke eingesetzt werden: Anhand der Informationen können einerseits Leistungsdifferenzen zwischen Schülerinnen und Schülern – sogenannte interindividuelle Diagnostik – und andererseits die Entwicklung von Merkmalen bezogen auf eine Person – sogenannte intraindividuelle Diagnostik – bestimmt werden (Maier, 2015). Im Gegensatz zur interindividuellen Diagnostik interessieren bei der intraindividuellen Diagnostik vor allem zeitliche Verläufe. Eine Aufgabe der Diagnostik ist die Entwicklung entsprechender Testverfahren, anhand derer die inter- und intraindividuellen Merkmalsdifferenzen möglichst genau erfasst und bewertet werden können.

Grundsätzlich können die beiden Zwecke summative Diagnostik (im Engl. »summative assessment« oder »assessment of learning«; Black & Wiliam, 1998) und formative Diagnostik (im Engl. »formative assessment« und »assessment for learning«; Black & Wiliam, 1998) unterschieden werden (Maier, 2015). Die summative Diagnostik nutzt die interindividuelle Diagnostik, um Aussagen über Unterschiede zwischen Individuen bzw. Gruppen von Indivi-

duen zu bestimmten Zeitpunkten treffen zu können. Ziel ist eine Zustandsbeschreibung, beispielsweise auch im Hinblick auf die Voraussetzungen von Schülerinnen und Schülern für zukünftiges Lernen. Ziel der formativen Diagnostik ist die Erfassung von Veränderungen eines kompetenzbezogenen Merkmals, um Lehr-Lern-Prozesse anpassen zu können (OECD, 2005). Dabei wird davon ausgegangen, dass Lernergebnisse grundsätzlich veränderbar und beeinflussbar sind.

Es gilt zu beachten, dass die beiden Zwecke von Diagnose nicht zwingend unterschiedliche Diagnoseinstrumente bedingen. Vielmehr ist die Nutzung der durch die Verfahren und Instrumente gewonnenen diagnostischen Informationen entscheidend. Die Unterscheidung zwischen summativ und formativ kann daher nur analytisch und somit nachträglich getroffen werden, wenn bekannt ist, für welche Art der Entscheidung die diagnostischen Informationen genutzt wurden. Die Nutzung der Informationen kann immer dann als formativ bezeichnet werden, wenn Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler oder auch Eltern aus den diagnostischen Informationen Schlüsse für die Verbesserung des weiteren Lernprozesses einer Schülerin oder eines Schülers ziehen und Lehr-Lern-Prozesse dementsprechend anpassen (z. B. Cizek, 2010). Die Nutzung kann umgekehrt immer dann als summativ bezeichnet werden, wenn es vorwiegend gilt, Lernprodukte zu analysieren, die über einen längeren Zeitraum erworben wurden oder die zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht sein müssen (z. B. Cizek, 2010).

## MERKMALE FORMATIVER UND SUMMATIVER DIAGNOSTIK

Diagnoseinstrumente können auf einem Kontinuum zwischen formativer und summativer Leistungsdiagnostik verortet werden. Die Grenze zwischen formativer und summativer Diagnostik ist auf diesem Kontinuum unscharf. Ein Grund dafür ist, dass die inhaltliche und organisatorische Ausgestaltung der Umsetzung formativer Diagnostik in unterschiedlichen Situationen je nach Grad der Umsetzung stark variieren und dabei der Ausgestaltung summativer Diagnoseformen sehr ähnlich sein kann. Dies wird an einer Beschreibung eines niedrigen Umsetzungsgrades formativer Diagnostik von McMillan

(2010) deutlich. Ein niedriges Level formativer Diagnostik ist demnach gegeben, wenn die Diagnose von der Lehrkraft ausgeführt, gezielt geplant und nach einer Instruktion durchgeführt wird sowie wenn der Anlass der Diagnose extern motiviert ist. Ein Beispiel für diesen Umsetzungsgrad formativer Diagnostik ist das »curriculum-embedded assessment«, welches eine stark formalisierte formative Diagnose vorsieht.

Ein zweiter Grund ist die hohe Spannweite formativer Diagnose, die von den beschriebenen, stark formalisierten Umsetzungsgraden bis zu eher informellen Umsetzungsgraden, wie sie beim »on-the-fly assessment« angewendet werden, reicht. Letztere werden eher ungeplant und unsystematisch während Schülerarbeitsphasen im Unterrichtsverlauf realisiert. Aus dieser Spannweite an möglichen Umsetzungsgraden und der teilweisen Nähe dieser Grade zu summativen Diagnoseformen resultiert die unzureichende Definition des Begriffs der formativen Diagnose sowie die fehlende allgemeine Akzeptanz bestehender Definitionsversuche (Bell & Cowie, 2001; Black & Wiliam, 1998; Cizek, 2010). Dadurch fehlt es an einheitlichen und eindeutigen Kriterien, die eine trennscharfe Unterscheidung zwischen formativer und summativer Diagnostik zulassen würden. Eine Beschreibung sehr allgemeiner Merkmale beider Diagnoseformen findet sich bei Harlen und James (1997). Ein wichtiger Unterschied zwischen summativer und formativer Diagnostik, der von den beiden Autoren jedoch nur implizit genannt wird, sind individuelle Rückmeldungen, die auf den Lernprozess Einfluss nehmen und daher üblicherweise vor allem Teil der formativen Diagnostik sind (Black & Wiliam, 2009; Shute, 2008).

## RÜCKMELDUNGEN ALS MERKMAL FORMATIVER DIAGNOSTIK

Die hohe Bedeutung von Rückmeldungen für erfolgreiche Lernprozesse wurde in Meta-Analysen im Kontext formativer Diagnostik empirisch bestätigt (z. B. Hattie, 2009). Lernbegleitende Rückmeldungen gelten als eine entscheidende Komponente, wenn eine möglichst große Wirkung von Lerngelegenheiten auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler erzielt werden soll. Hattie und Timperley (2007) empfehlen, dass lernwirksame Rückmeldungen die

drei folgenden Fragen beantworten: »What are the goals?«, »What progress is being made toward the goal?« und »What activities need to be undertaken to make better progress?« (Hattie & Timperley, 2007, S. 86). Anhand der Fragen wird deutlich, dass Rückmeldungen den aktuellen Kompetenzstand der Schülerinnen und Schüler mit zuvor definierten inhaltlichen Kriterien oder mit dem vorherigen individuellen Kompetenzstand vergleichen sollten (Krampen, 1987). Den Schülerinnen und Schülern müssen daher stets die Funktion der Diagnose und die zugrunde liegenden Bewertungskriterien transparent gemacht werden. Beim Geben von Rückmeldungen gilt es für die Lehrkraft im Detail inhaltliche und methodische Gestaltungsmerkmale zu beachten, die einen unmittelbaren oder mittelbaren Einfluss auf die Nutzung der Rückmeldungen und damit auf deren Wirkung haben können (Bangert-Drowns et al., 1991; Hattie & Timperley, 2007; Kluger & DeNisi, 1996; Shute, 2008).

#### Inhaltliche Elemente von Rückmeldungen und ihre Wirkung auf das Lernen

Ein entscheidender inhaltlicher Aspekt sind Umfang und Tiefe sowie damit einhergehend die Komplexität der Rückmeldung: Wie viele Kriterien werden in der Rückmeldung adressiert, und wie umfangreich ist die Rückmeldeinformation zu jedem der Kriterien? In diesem Zusammenhang listet Shute (2008) unterschiedlich elaborierte Rückmeldetypen auf. Diese unterscheiden sich nicht nur in den Informationen, die zurückgemeldet werden, sondern auch in ihrem Fokus. Hinsichtlich des Inhalts lassen sich Rückmeldungen anhand von fünf Elementen charakterisieren: (a) fokussierter Aspekt der Bewertung, (b) Bewertung der gegebenen Antwort, (c) Diskussion konkreter Fehler, (d) Bereitstellung ausgearbeiteter Beispiele und (e) Bereitstellung von Orientierungshilfen. Werden Rückmeldungen erstellt, kann der rückgemeldete Inhalt je nach Komplexität der Rückmeldung verschieden sein. Mit der einfachsten Rückmeldeform »verification« wird beispielsweise lediglich zurückgemeldet, welche Aufgaben falsch oder richtig beantwortet wurden und wie groß der Anteil richtig beantworteter Aufgaben insgesamt ist. Damit wird nur (b) die Bewertung der gegebenen Antwort zurückgemeldet. Die elaborierteste und umfangreichste Rückmeldeform ist das »informative tutoring«, welches zunächst den Anteil der richtigen Antworten nennt (»verification«), zudem

Fehler aufzeigt, ohne die richtige Lösung vorwegzunehmen («error flagging») und ferner Hinweise zu nächsten Schritten zum Erreichen des Lernziels gibt («hints»). Damit stellt dieser elaborierteste Typ eine Kombination der drei einfacheren Rückmeldeelemente (b), (c) und (e) dar. Empirische Befunde zur Wirkung unterschiedlich komplexer Rückmeldungen sind ebenfalls inkonsistent. Generell gilt, dass elaborierte Rückmeldetypen, die beispielsweise Hinweise zu nächsten Schritten im Lernen geben, lernwirksamer einzuschätzen sind als sehr einfache Typen, bei denen die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel ihre Fehler selbst analysieren müssen (Shute, 2008). Jedoch gibt es empirische Befunde, die genau das Gegenteil belegen. Ein Grund für diese widersprüchlichen Befunde ist der (a) Fokus der Rückmeldungen, der laut Hattie und Timperley (2007) entscheidend zu dessen Wirkung beiträgt. Im Hinblick auf den fokussierten Inhalt der Schülerantwort lassen sich vier Punkte unterscheiden: Rückmeldungen können sich auf ein von den Schülerinnen und Schülern erstelltes Arbeitsprodukt beziehen (Wie gut wurde die Aufgabe verstanden bzw. bearbeitet?), auf den Arbeitsprozess der Schülerinnen und Schüler (Wie wurde das Produkt erstellt?), auf den Selbstregulationsprozess (Welche Strategien des self-monitoring, self-directing oder self-regulating wurden angewandt?) oder auf die Person der Schülerin bzw. des Schülers (der letzte Punkt bezieht sich auf die Person und steht nicht in Bezug zur Aufgabe). Hattie und Timperley (2007) kommen zu dem Schluss, dass Rückmeldungen zur Person der Schülerin bzw. des Schülers am wenigsten effektiv sind. Rückmeldungen zum Arbeitsprozess und zu Selbstregulationsprozessen sprechen sie am ehesten das Potenzial zu, tief gehende Bearbeitungen von Aufgabenstellungen und nachhaltige Lernprozesse zu unterstützen. Rückmeldungen zur Aufgabenstellung sind nur hilfreich, wenn sich die Informationen auf Bearbeitungsprozesse und Selbstregulationsprozesse beziehen, die für die Bearbeitung der Aufgabe relevant sind. Üblicherweise lassen sich die Informationen zur Aufgabe jedoch kaum auf andere Aufgabenstellungen übertragen. In realen Lerngelegenheiten gelten daher Rückmeldungen, die sich auf die Aufgabe, den Bearbeitungsprozess und auf Selbstregulationsprozesse beziehen, am lernförderlichsten (Hattie & Timperley, 2007).



## Methodische Elemente von Rückmeldungen und ihre Wirkung auf das Lernen

Ein wichtiger methodischer Aspekt ist die Zeitplanung: Wann wird eine Rückmeldung gegeben, und wie oft wird eine Rückmeldung gegeben? Befunde empirischer Studien geben keine eindeutigen Hinweise in Bezug auf den besten Zeitpunkt für das Geben von Rückmeldungen (vgl. Shute, 2008). Zu viele Variablen beeinflussen letztlich die Wirkungen der Rückmeldungen, so beispielsweise auch die Voraussetzungen der Lernenden oder inhaltliche Merkmale. Die Wirkungen sind daher differenziell: Rückmeldungen, die direkt nach Beantwortung einer Aufgabe gegeben werden, können die Bearbeitungsmotivation erhöhen und damit das Ergebnis verbessern. Allerdings werden durch direkt gegebene Rückmeldungen häufig keine Effekte auf den weiteren Lernprozess beobachtet. Dies wird damit erklärt, dass der Transfer von Gelerntem nicht ausreichend unterstützt wird. Hier wird größeres Potenzial bei verzögerten Rückmeldungen gesehen, da diese auf kognitive und metakognitive Prozesse wirken können. Allerdings gilt dies nicht für Schülerinnen und Schüler mit geringem Kompetenzstand und geringer Motivation. Sie haben in empirischen Studien nicht von diesen Rückmeldungen profitiert.

## DIGITALE MEDIEN FÜR FORMATIVE UND SUMMATIVE DIAGNOSTIK

E-Assessment bezeichnet eine Prozessdiagnostik, die mithilfe geeigneter Softwareprogramme vorbereitet, durchgeführt und nachbereitet wird (Maier, 2015). Das Ziel ist, mithilfe entsprechender Software diagnostische Informationen des Lernstands, -fortschritts und -verlaufs aufzuzeichnen, zu verarbeiten und zu berichten (Russel, 2010; Shute & Rahimi, 2017). Die Software ist üblicherweise auf stationären (Desktop-Computer) oder mobilen Computern (Notebooks, Tablets, Smartphones) installiert. Diese softwarebasierte Form des E-Assessments wird daher auch computergestütztes Testen genannt. Computergestützte Tests können beispielsweise in Lernprogrammen im Quizformat enthalten sein. Computer sind also Hilfsmittel, durch deren Einsatz fachliche Kompetenzen gelernt, aber auch erfasst werden können. Wenn für die Durchführung, Auswertung und Dokumentation von Tests am Computer ein

Netzwerk oder im Speziellen Internet benötigt wird, liegt netzwerkbasiertes bzw. internetgestütztes Testen vor (Jurecka & Hartig, 2007).

### Potenziale digitaler Medien für diagnostische Zwecke

In Bezug auf digitale Medien und ihre Nutzung beim Lernen werden in der Literatur Potenziale beschrieben, die das Lernen mit digitalen Medien generell, aber auch die Diagnose von Kompetenzen sowie das Rückmelden im Besonderen betreffen (z. B. Herzig & Grafe, 2006; Looney, 2010; Redecker & Johannesen, 2013; Shute & Rahimi, 2017). Hier ist zunächst die Dezentralisierung und Deregulierung von Lern- bzw. Leistungsorten zu nennen. Durch die Nutzung computerbasierter, internetgestützter Softwareprogramme ist der Zugriff auf Lehr-Lern- und Testmaterialien unabhängig vom Ort ihrer Speicherung und unabhängig von der örtlichen Präsenz der Lernenden möglich. Zur örtlichen kommt die zeitliche Unabhängigkeit. Lernen und Testen können »on demand« und »just in time« erfolgen, sprich Lehr-Lern- und Testmaterialien können situations- und bedarfsgerecht abgerufen und bearbeitet werden. Durch die Nutzung des Internets können zudem selbst in komplexen Lernumgebungen große Datenmengen in Echtzeit übertragen und verarbeitet werden. Die lokale und zeitliche Unabhängigkeit bei der Durchführung und Auswertung ist jedoch mit einem Nachteil verbunden, die Testbedingungen sind kaum kontrollierbar und daher nicht standardisiert.

Weiteres Potenzial wird durch die Eigenschaften Multimedialität und Multimodalität erreicht (Herzig & Grafe, 2006). Lehr-Lern- oder Testinhalte sind in verschiedenen Zeichensystemen codiert, z. B. Text oder Bild. Diese werden durch unterschiedliche Modalitäten dargestellt, z. B. Textdokumente, Tondokumente, Videofilme, Programme. Das Zusammenwirken dieser unterschiedlichen Codes und Modalitäten spricht auf Seiten der Lernenden unterschiedliche Sinne an und ermöglicht damit ein breites Repertoire an unterschiedlichen Aufgabenformaten.

Darüber hinaus ermöglichen digitale Angebote »die Bearbeitung und kreative Umgestaltung vorhandener Materialien als Manipulation symbolischer Objekte (z. B. Bildbearbeitung) sowie die Exploration von symbolischen Interaktionsräumen und die Manipulation von darin befindlichen Objekten«

(Herzig & Grafe, 2006, S. 14). Damit kann computergestütztes Testen in unterschiedlichem Maße interaktiv erfolgen. Die Lernenden können auch in Interaktion mit anderen Lernenden treten. Computergestützte Anwendungen bieten über das Internet die Möglichkeit, mit anderen zu kommunizieren (z. B. per E-Mail, Blog, Newsgroup oder Videokonferenz) oder kooperativ an Aufgaben zu arbeiten (z. B. Computer Supported Cooperative Work; im Deutschen »computergestützte Gruppenarbeit«).

Im Hinblick auf das computergestützte Testen sind aber vor allem zwei Potenziale von besonderer Relevanz: (1) die Adaptivität und (2) das Geben von Rückmeldungen (Maier, 2015). Wenn die Aufgabendarbietung im Verlauf des Testens an die bereits gemessenen Kompetenzen einer Testperson angepasst wird, erfolgt das computer- oder internetgestützte Testen adaptiv. Es wird davon ausgegangen, dass das adaptive Testen aufgrund eines geringeren Bedarfs an diagnostischen Informationen für eine exakte Diagnose effizienter ist als nicht adaptives Testen. Auf Grundlage der Testergebnisse können nachfolgend computergestützte Lernumgebungen an die Lernvoraussetzungen des Lernenden angepasst werden, z. B. durch individuelle Lernwege und -materialien. Computergestützte Testumgebungen ermöglichen auf Grundlage beantworteter oder bearbeiteter Aufgaben die automatisierte Bewertung der Antworten sowie das automatisierte und direkte Geben von Rückmeldungen, die den Lernenden Informationen über ihren Kompetenzstand geben (summative Diagnostik) oder über mögliche weitere Lernaktivitäten zur Erreichung des Lernziels (z. B. in einem Planspiel; formative Diagnostik). Gerade in diesem Punkt wird ein Vorteil des E-Assessments gegenüber Papier-Bleistift-basierten Verfahren gesehen, da beim E-Assessment durch (teil)automatische Ausführungen von Bewertungen im Rahmen des technisch Möglichen (z. B. Eilers et al., 2008) insbesondere die sogenannten Nebengütekriterien eingehalten werden können: die Testökonomie bzw. Praktikabilität, die Testfairness sowie die Effektivität und Effizienz (Ehlers et al., 2009; Maier, 2015). Darüber hinaus wird Potenzial in der deutlich höheren Individualisierung von Diagnosen gesehen. Russel (2010) beschreibt drei weitere Potenziale: (3) »systematically monitoring student progress to inform instructional decisions«; (4) »identifying misconceptions that may interfere with student learning«, und (5) »collecting information about student learning needs during instruction« (S. 126). In den Fächern Mathematik und Physik gibt es bereits Programme, mit denen

sich die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren lassen, z. B. Diagnostic Algebra Assessment (DAA) und DIAGNOSER. Insbesondere Potenzial (3) ist inhärent, instruktionale Entscheidungen für den weiteren Lernverlauf so zu treffen, dass die Diagnose steuernden oder strukturierenden Charakter hat. In einem einfachen Szenario kann nach dem Bearbeiten von Aufgaben das E-Assessment-System für eine Gruppenarbeit die Zusammensetzung so vorschlagen, dass sie in einem gewissen Maße heterogen ist. Im Sinne des Potenzials (4) könnten dann z. B. möglichst unterschiedliche Schülervorstellungen in eine Gruppe hineingetragen und diskutiert werden. Bei dieser Form der Diagnose ist zunächst nicht entscheidend, ob die Aufgaben korrekt gelöst wurden, sondern eher, welches Antwortmuster vorliegt (bei einem Multiple-Choice-Test z. B. im Hinblick auf die gewählten Distraktoren).

#### Potenzial digitaler Medien als frei wählbare Hilfswerkzeuge

Neben Tests können auch optionale Hilfswerkzeuge adaptiv eingesetzt werden. Innerhalb eines Projektes, das darauf abzielt, das mathematische Leistungsvermögen von leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf zu untersuchen, wurde unter anderem die Idee umgesetzt, frei wählbare Hilfsmittel in computergestützten Tests zu verwenden. Damit sollte eruiert werden, welche Lernziele die Lernenden mit Hilfswerkzeugen erreichen können (Peltenburg et al., 2010). Dazu wurde für Förderschülerinnen und -schüler ein Test zur Subtraktion bis hundert mit Zehnerübergang entwickelt, indem Aufgaben aus einem standardisierten Test in einer digitalen Umgebung umgesetzt und mit zwei interaktiven Werkzeugen ergänzt wurden: eine Hunderttafel mit beweglichem Arbeitsmaterial sowie ein leerer Zahlenstrahl mit einem Bleistift und einem Radiergummi. Die Testleistungen der Lernenden waren im Vergleich zur herkömmlichen Testleistung in dem standardisierten Test nicht nur besser, sondern es hat sich zudem gezeigt, ob sie die Hilfsmittel benutzt haben oder nicht, ob die Werkzeuge ihnen bei der Aufgabenlösung geholfen haben und wie die Schülerinnen und Schüler die Werkzeuge eingesetzt haben. Zu wissen, wie die Lernenden die Hilfsmittel eingesetzt haben, ist für die Analyse von Lernprozessen und die Planung des weiteren Unterrichts äußerst wichtig.

Die Leistungsmessung unter Nutzung von Hilfsmitteln hat eine lange Tradition und ist charakteristisch für einen Beurteilungsansatz, der unter dem Begriff dynamische Leistungsmessung (im Englischen »Dynamic Assessment«) subsumiert werden kann (Feuerstein et al., 1979; Hill, 2015; Lidz & Elliott, 2000). Dieser ist auch als unterstützte Leistungsmessung (im Englischen »Assisted Assessment«; Campione, 1989) oder Lernpotenzialmessung (im Englischen »Learning Potential Assessment«; Feuerstein et al., 1979; Hamers et al., 1993; Lauchlan & Elliott, 2001) bekannt. Die dynamische Leistungsmessung ist eng verbunden mit Vygotskys (1978) Zone der proximalen Entwicklung (im Englischen »zone of proximal development«), definiert als »the distance between the actual development level as determined by independent problem-solving, and the level of potential development as determined through problem-solving under adult guidance or in collaboration with more capable peers« (S. 85 – 86). Die Art der Hilfe, die in der dynamischen Leistungsmessung angeboten wird, kann variieren (Elliott, 2003). Sie reicht von einer standardisierten, vorgegebenen hierarchischen Abfolge von Lösungshinweisen (Guthke & Beckmann, 2003) bis zu einer individuell angepassten Unterstützung auf der Grundlage einer klinischen Diagnose (Feuerstein et al., 1979).

In den letzten Jahrzehnten haben sich durch die Verfügbarkeit digitaler Technologien sowie die breitere Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien neue Möglichkeiten für die dynamische Leistungsmessung eröffnet. Dazu gehört beispielsweise das Bereitstellen von frei wählbaren Hilfsmitteln, die an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden können (z. B. Poehner et al., 2015; Tzuriel & Shamir, 2002; Wang, 2010).

### Kategorisierung möglicher Test- und Aufgabenformate

Im Bereich des E-Assessments gibt es insbesondere aufgrund der Multicodalität, der Multimodalität und der Adaptivität viele Möglichkeiten, Kompetenzen zu erheben. Mögliche Aufgabenformate für das computergestützte Testen haben Scalise und Gifford (2006) kategorisiert (s. Abb. 1). Diese ordnen sie nach der Offenheit der zu gebenden Antworten. Am wenigsten Offenheit bieten Aufgabentypen wie Standard-Multiple-Choice-Aufgaben, am meisten Offenheit lassen Formate wie Präsentationen oder Portfolios zu. Innerhalb der sieben

von den beiden Autoren beschriebenen Kategorien differenzieren sie jeweils vier mögliche Aufgabenformate nach ihrer Komplexität. In der sechsten Kategorie – der Kategorie der Konstruktionsaufgaben – sind beispielsweise die am wenigsten komplexen Aufgaben sogenannte Open-Ended Multiple-Choice-Aufgaben, bei denen die Antwortenden die richtige Antwortmöglichkeit auswählen müssen und gleichzeitig eine Ergänzung oder Zuordnung in der Antwortoption vornehmen müssen. Der nächstkomplexere Aufgabentyp sind offene Aufgaben, bei denen die Antwortenden einen Graphen oder eine Abbildung vervollständigen müssen, gefolgt von Concept-Map-Aufgaben. Die komplexesten Aufgaben dieser Kategorie sind offene Aufgabentypen, bei denen die Antwortenden einen Essay schreiben müssen.

		weniger komplexe Aufgabenformate			komplexere Aufgabenformate			
		1. Mehrfachauswahl	2. Auswahl / Identifikation	3. Umstrukturierung / Neuordnung	4. Substitution / Korrektur	5. Vervollständigung	6. Konstruktion	7. Präsentation / Portfolio
offene Aufgabenformate	1A. Richtig / Falsch	2A. mehrfach Richtig / Falsch	3A. Zuordnung	4A. Übersetzungsaufgaben	5A. einzelne numerische Antwort / konstruierte Antwort	6A. offene Mehrfachauswahl	7A. Projekt	
	1B. Alternativauswahl	2B. Ja / Nein mit Erklärung	3B. Kategorisierung	4B. Identifikationsaufgabe	5B. Kurzantwort / Satzvervollständigung	6B. figural konstruierte Antwort	7B. Demonstration, Experiment	
	1C. Mehrfachauswahl	2C. Mehrfachantwort	3C. Rangliste / Abfolge	4C. eng umgrenzte Zeichenaufgabe	5C. Lückentext	6C. Begriffsnetz	7C. Diskussion, Interview	
geschlossene Aufgabenformate	1D. Mehrfachauswahl mit Distraktoren, die mithilfe neuer Medien dargestellt werden (z. B. in Form von Videos)	2D. komplexe Mehrfachauswahl	3D. Bildung einer Beweiskette	4D. Korrekturaufgabe / Fehlersuchaufgabe	5D. Matrixvervollständigung	6D. Aufsatz	7D. diagnostizierendes Unterrichten	

Abb. 1: Kategorien computergestützter Testverfahren (nach Scalise & Gifford, 2006, S. 9)

Das vorgestellte Kategoriensystem verdeutlicht die Bandbreite an möglichen Testformaten, die sich für das computergestützte Testen anbieten. Dabei muss bedacht werden, dass die Bewertung der gesammelten diagnostischen Informationen mit zunehmendem Komplexitäts- und Offenheitsgrad der Aufgaben zunehmend erschwert automatisiert erfolgen kann und daher beispielsweise wie bei einem Essay von der Lehrkraft selbst vorgenommen werden muss. Allerdings gibt es Forschungsarbeiten, die die automatisierte Bewertung offener Aufgabenformate vorantreiben (z. B. Härtig, 2014; Koul et al., 2005).

Neben unterschiedlichen Antwortformaten lassen sich beim E-Assessment wie auch bei analogen Testformaten verschiedene Typen von Stimuli als Aufgabenmerkmal unterscheiden. Einfachste Formen im analogen Format sind kontinuierliche (fortlaufende) oder diskontinuierliche (mit Diagrammen oder Abbildungen zusammengesetzte) Texte (z. B. Naumann et al., 2010). Durch die Eigenschaften der multimodalen und multicodalen sowie interaktiven Darbietung von Inhalten sind weitere Stimuli wie virtuelle »Real life«-Szenarien, interaktive Simulationen oder Videos denkbar. In jedem Fall kann sich die Gestaltung und Variation dieser Stimuli auf die Aufgabenschwierigkeit auswirken. Ein Potenzial adaptiver Testverfahren böte sich damit in der Variation der Stimuli bei vergleichbarer Aufgabenstellung an.

### Forschung zum E-Assessment

In der Vergangenheit fand nicht nur theoretisch, sondern auch empirisch eine Auseinandersetzung mit den Potenzialen von E-Assessments statt. Dabei standen eher die Effekte und Wirkungen der Nutzung computergestützter Systeme für eine summative Diagnostik im Fokus der Forschung, vor allem im Hochschulbereich (Russel, 2010). Entsprechende Studien haben auf den Effekt der Darreichungsform auf das Testergebnis der Probanden gezielt, z. B. Papier-Bleistift-Format vs. computergestütztes Format. Die Untersuchung dieses Effekts ist nur von Relevanz, wenn gleichzeitig beide Darreichungsformen zum Einsatz kommen. Ist dies der Fall, gilt es, die Äquivalenz zwischen beiden Formen sicherzustellen, indem Kennwerte wie Reliabilität, Mittelwerte und Standardabweichungen möglichst ähnliche Werte annehmen (Jurecka &

Hartig, 2007). Ein weiterer Forschungsbereich hat die Effizienz des computergestützten Testens adressiert, z. B. in Form adaptiven Testens.

Forschungsbefunde zum Einsatz und Nutzen computerbasierter formativer Diagnostik sind vergleichsweise wenige verfügbar (für eine Zusammenstellung von Beispielen s. Russel, 2010; für eine allgemeine Zusammenstellung zur Wirkung von digitalen Medien im Unterricht s. Herzig, 2014). Maier (2014, 2015) gibt einen Überblick über empirische Studien, die die Entwicklung, Evaluation und Implementation computergestützter formativer Diagnostik in der Schule thematisieren. Mit einer Literaturrecherche wurden von ihm 37 relevante Studien identifiziert. Basierend auf dieser Grundlage, hebt Maier (2014) zusammenfassend hervor, dass bisher vor allem für die computergestützte Diagnose und Förderung von »prozeduralisierten Basisfertigkeiten« empirisch gut abgesicherte Effekte vorliegen sowie entsprechende Entwicklungen hinsichtlich der Diagnose konzeptuellen Wissens festzustellen sind. Das entscheidende Desiderat bleibt nach Maiers (2010) Auffassung »die Nutzbarmachung computergestützter, formativer Diagnostik für die tägliche Unterrichtspraxis« (S. 69). Doch warum ist die Nutzbarmachung für die Unterrichtspraxis überhaupt erstrebenswert? Eine breitere Forschungsbasis gibt es im Bereich des computergestützten Rückmeldens. Kluger und DeNisi (1996) berichten beispielsweise eine deutlich höhere Effektstärke, wenn Rückmeldungen von einem Computer gegeben werden ( $d_{\text{Computer}} = 0,41$  vs.  $d_{\text{kein Computer}} = 0,23$ ). Auch Hattie und Timperley (2007) berichten in ihrer Meta-Analyse einen mittleren Effekt von  $d = 0.52$  für »computer-assisted instructional feedback«. Gründe werden in dem größeren Vertrauen der Testpersonen in die computergenerierte Rückmeldung, in einer stärkeren Wirkung computergenerierter Rückmeldungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung der Testpersonen und in einer stärkeren Wirkung auf die Bearbeitungsstrategien der Testpersonen gesehen (s. Abschnitt »Methodische Elemente von Rückmeldungen und ihre Wirkung auf das Lernen«, S. 104). In Bezug auf die bisherige Forschung ist darauf hinzuweisen, dass Studien in der Regel mit kleinen Stichprobengrößen durchgeführt wurden, dass die Studien experimentell oder quasi-experimentell angelegt waren und dass die Forscherinnen und Forscher, die den Nutzen und die Wirkungen dieser Instrumente evaluiert haben, eng mit der Entwicklung der Instrumente verbunden waren. Zukünftig gilt es, Studien im Bereich des computergestützten Testens im Feld und an



größeren Stichproben zu untersuchen sowie stets unabhängige Evaluierungen anzustreben.

### Implementierung von E-Assessments in Schulen

Bei der Entwicklung von Formen des E-Assessments gilt es, didaktische, methodische und organisatorische Aspekte zu berücksichtigen. Aus didaktischer Perspektive müssen Kompetenzerwartungen, Lehr-Lern-Prozesse und Formen der Lernfortschritts- bzw. Lernverlaufsdiagnostik im Sinne des »Constructive Alignment« (Biggs & Tang, 2011) aufeinander abgestimmt werden. Damit wird gleichzeitig die methodische Perspektive adressiert, die mögliche Prüfungsformen und Aufgabentypen in den Blick nimmt und aus der sich gewisse Gestaltungsanforderungen an den E-Assessment-Einsatz ergeben. Die organisatorische Perspektive betrifft vor allem die Rahmenbedingungen, die für die Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung eines E-Assessments gelten und die es zu schaffen gilt. Dies betrifft auch rechtliche Fragen rund um E-Assessments sowie Fragen nach der Datensicherheit von E-Assessments, die es im Vorwege zu beantworten gilt. Insbesondere die organisatorische Perspektive stellt eine Herausforderung an die flächendeckende Einführung von E-Assessments dar, da Schulen dafür beispielsweise zunächst mit der nötigen Infrastruktur ausgestattet werden müssen (z. B. mit ausreichend Computern für jeden Lernenden und ausreichend schnellem Internet bzw. ausreichend vielen Internetzugängen). Hier wird weiterhin großer Nachholbedarf gesehen (z. B. Bos et al., 2015). Ferner müssen natürlich ausreichend Lernumgebungen und entsprechende E-Assessments für die einzelnen Fächer zur direkten Nutzung entwickelt werden. Bisher wird auch hier Nachholbedarf gesehen, gerade in den naturwissenschaftlichen Fächern (Maier, 2015).

## BEISPIELE FÜR E-ASSESSMENTS

In den vergangenen Jahren sind eine Reihe von E-Assessments entwickelt worden. Einerseits handelt es sich dabei um Beispiele, die im Rahmen von Entwicklungs- und Forschungsprojekten entstanden sind (z. B. U-DAEm oder LEVUMI). Diese haben zum Ziel, zunächst computergestützte Tests für formative Zwecke zu entwickeln und anschließend deren Wirkung auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen. Andererseits handelt es sich bei den Beispielen um kommerzielle Angebote, die aus Start-up-Projekten heraus ihre Verbreitung für formative Zwecke gefunden haben (z. B. Socrative). Im Folgenden werden drei Anwendungen exemplarisch vorgestellt und jeweils zunächst anhand von Fast Facts charakterisiert.

### Socrative – App für summative und formative Diagnose und Bewertung

Fast Facts	
Name der Anwendung	Socrative
Anbieter	Socrative Inc.
Kosten	Socrative ist in der Basisversion kostenfrei. Die Version »Pro« kostet 59,99 \$ pro Jahr (Stand 30.11.2017).
technische Voraussetzungen	iOS oder Android (hier beschriebene Version: Android 4.4.1) alle Web-Browser zur Erstellung der Fragen
Verfügbarkeit	Socrative ist als App z. B. über den Google Play Store oder als webbasierte Version über die Homepage <a href="http://www.socrative.com">www.socrative.com</a> verfügbar.
Fach/ Fächer	Keine Einschränkung auf ein bestimmtes Fach
Sprachen	Deutsch, Englisch, Französisch, Spanisch und weitere mehr
Funktionen der Basisversion	Ein öffentlicher »Raum« für eine »Klasse«; bis zu 50 Teil- nehmende je Session; verschiedene Diagnosemöglich- keiten (s. Diagnoseinstrumente); direkte Ergebnisrück- meldung; Zugang zum Hilfe-Center

Zusätzliche Funktionen der Version »Pro«	U. a. bis zu 10 private oder öffentliche »Räume«; bis zu 150 Teilnehmende je Session; Listenimport via CSV oder Excel; vereinfachter Austausch mit Schülerinnen und Schülern sowie Kolleginnen und Kollegen über individuelle Links; Unterstützung bei der Nutzung via E-Mail; und einige weitere mehr
Diagnoseinstrumente	Fragenbasierte Tests (On-the-fly-Fragen, Quizfragen ...); unterschiedliche Antwortformate (Multiple-Choice-Fragen, Wahr-Falsch-Auswahl, Kurzantworten); formative Diagnose, z. B. durch sofortige Rückmeldung; summative Diagnose, z. B. durch Darstellung des Gesamtergebnisses; Reflexion von Lerngelegenheiten (Exit-Ticket); Teamwettbewerb (Wettlauf ins All)
Zielgruppe	Lehrkräfte sowie deren Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen

**Abb. 2:** Fast Facts zur App Socrative

Socrative ist ähnlich wie Kahoot (kahoot.it) oder formative (goformative.com) ein Beispiel für eine internetbasierte Anwendung, die auf Smartphones, Tablets, Notebooks und Desktop-Computern genutzt werden kann und die unterschiedliche Möglichkeiten der Diagnostik bereithält. Lehrkräfte können mit Socrative fragenbasierte Tests, die aus mehreren Items bestehen, erstellen, individuell bearbeiten lassen und die Ergebnisse je Lernendem analysieren (z. B. »Wie viele Aufgaben wurden von einer Schülerin oder einem Schüler richtig bzw. falsch beantwortet?« oder »Welche der Aufgaben wurden von den Schülerinnen und Schüler besonders häufig oder besonders selten richtig bzw. falsch gelöst?«). Außerdem können sie basierend auf einer Frage Vermutungen, Vorwissen, Ideen usw. erfassen und diese von den Schülerinnen und Schülern reflektieren lassen. Basierend auf den erfassten Informationen, können Lehrkräfte im Anschluss Schlüsse für das weitere Lehren und Lernen ziehen und dieses an die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler anpassen.

Als Antwortformate für Testaufgaben stehen Multiple-Choice-, Richtig-Falsch- und Kurz-Antworten zur Auswahl. Nach Beantwortung der Fragen in diesen drei Formaten können die Schülerinnen und Schüler im Sinne eines niedrigen Grades formativer Diagnose einen sofortigen Bericht zur Richtigkeit ihrer Antworten einsehen. Alternativ oder zusätzlich können sie am Ende

eines Tests eine Gesamtübersicht über ihr eigenes Ergebnis erhalten. Gerade Letzteres ermöglicht zum Abschluss einer Lerngelegenheit die Reflexion des Lernzuwachses durch die Schülerinnen und Schüler (z. B. »Was, denkst du, hast du in der Unterrichtsstunde gelernt?« oder »Wie gut hast du das Material verstanden?«).

Bei einem laufenden Test kann der Wechsel von einer Frage zur nächsten entweder individuell von jeder Schülerin bzw. jedem Schüler (Option 1 und 3) oder zentral von der Lehrkraft (Option 2) gesteuert werden. Es gibt zusätzlich die Funktion des Teamwettbewerbs (Space Race). Teams von Schülerinnen und Schülern können gegeneinander antreten, um ihre »Rakete« als erste ans Ziel zu bringen. Die Ergebnisse des Tests bzw. Wettbewerbs können im Klassenzimmer simultan angezeigt werden, um Diskussionen mit den Schülerinnen und Schülern über die gegebenen Antworten zu erleichtern und die Kommunikation über die Antworten zu fördern. Hier ist von Bedeutung, dass die Identität der Schülerinnen und Schüler anonym bleiben kann.

Im Hinblick auf die Praktikabilität ist festzuhalten, dass auf vergleichsweise einfache Art und Weise Kompetenzen erfasst werden können. Durch das onlinebasierte Verfahren muss keine spezifische Hardware verfügbar sein. Über das Internet verbinden sich die Schülerinnen und Schüler über den »Student Login« mit dem »Raum« der Lehrkraft und landen anschließend direkt bei den von ihr gestellten Fragen. Wenn es nicht für alle Schülerinnen und Schüler Endgeräte in passender Stückzahl gibt, so können trotzdem alle Lernenden die Fragen beantworten, da die Antworten individuell gegeben werden können.

Mit diesen Optionen ermöglicht Socrative Lehrkräften, einfache Tests zu erstellen, welche Schülerinnen und Schüler schnell auf mobilen oder stationären Endgeräten bearbeiten können. Außerdem bietet es die Option, dass die Schülerinnen und Schüler nach der automatischen Auswertung des Ergebnisses direkt eine Rückmeldung zur Richtigkeit ihrer Antwort erhalten. Damit gehört Socrative zu den sogenannten Clicker-Systemen (engl. »Electronic Voting Systems« oder »Audience bzw. Public Response Systems«). Dies sind interaktive Rückmelde- und Abstimmungssysteme, mit denen Schülerinnen und Schüler im Unterricht Fragen beantworten oder auch selbst stellen können. Die Ergebnisse werden automatisch ausgewertet und können anschließend z. B. in Diagrammform bereitgestellt werden. Hierfür können entweder

hardware- oder softwarebasierte Systeme genutzt werden. Ein hardware-gestütztes System bietet für jeden Teilnehmenden ein kleines Gerät, welches die Beantwortung bzw. Abstimmung durch Drücken einer Taste oder Eingabe eines Textes ermöglicht. Ein Vorteil hardwaregestützter Systeme ist die zuverlässige Nutzbarkeit in speziell damit ausgestatteten Räumen. Als Nachteile sind der mit der Ausgabe an die Lernenden verbundene Organisationsaufwand und die Anschaffungskosten zu nennen. Softwaregestützte Online-Systeme nutzen statt der speziellen Hardware internetfähige Geräte wie Smartphones, Tablets oder Notebooks, die die Schülerinnen und Schüler ggf. selbst besitzen. Es entstehen daher unter Umständen keine zusätzlichen Kosten für die Anschaffung von weiterer Hardware, da bereits vorhandene Endgeräte genutzt werden können. Problematisch ist mitunter, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler ein mobiles Endgerät besitzen und dass es zur Ablenkung durch die Nutzung der Geräte im Unterricht kommen kann.

LEVUMI – Webplattform für »curriculum embedded assessment« für das Lesenlernen von Grundschulern mit sonderpädagogischem Förderbedarf

Fast Facts	
Name	LEVUMI (Lernverlaufs-Monitoring)
Anbieter	Forschungsprojekt der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und der TU Dortmund
Kosten	Keine
Verfügbarkeit	<a href="http://www.levumi.de/">www.levumi.de/</a> (Kostenlos, aktuell per Anfrage an Entwickler)
Fach / Fächer	Mathematik, Deutsch
technische Voraussetzungen	Browser und Internetzugang, Kopfhörer für Diktierstet
Sprachen	Deutsch
Funktionen der Basisversion	Verwalten von Klassen sowie einzelnen Schülerinnen und Schülern, Durchführen aller verfügbaren Tests. Rückmeldung auf Individual- und Klassenebenen mit qualitativer und quantitativer Auswertung.

Diagnoseverfahren	Normierte Leseflüssigkeitstests, personalisierte Diktate in Entwicklung: unterschiedliche Antwortformate (Multiple-Choice-Fragen, Wahr-Falsch-Auswahl, Kurzantworten)
Zielgruppe	Lehrkräfte sowie deren Schülerinnen und Schüler

**Abb. 3:** Fast Facts zur Online-Plattform LEVUMI

Die Online-Plattform LEVUMI (abgeleitet aus Lernverlaufs-Monitoring) bietet der Schulpraxis ein Online-Instrument zur Lernverlaufsmessung an, zunächst in den Bereichen Deutsch und Mathematik. Hierbei werden insbesondere Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf eingeschlossen. Lehrkräfte können die Lernverläufe bei der Leseflüssigkeit mit quantitativen und qualitativen Rückmeldungen auswerten und so mehr über die individuellen Lernfortschritte ihrer Schülerinnen und Schüler erfahren. LEVUMI ist als Online-Plattform konzipiert. Die Benutzung ist kostenfrei und setzt lediglich einen aktuellen Browser mit Internetzugang voraus. Die Lehrkraft erhält einen Zugang und kann über diesen zunächst Klassen anlegen und für die Klassen dann jeweils Schülerinnen und Schüler. Für jede Klasse können anschließend Tests aus einer Liste ausgewählt werden. Ein Test erlaubt dann die Erstellung von verschiedenen Messzeitpunkten und die Durchführung des Tests sowohl online wie auch – falls nicht anders möglich – durch eine druckbare Version.

Das Ziel der Lernverlaufsdagnostik ist es, Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern über einen längeren Zeitraum hinweg zu erfassen und die Lernverläufe darzustellen sowie durch die Darstellung der Lernverläufe den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler an Lehrkräfte zurückzumelden. Anhand dieser Rückmeldungen über die individuellen Leistungsstände und -entwicklungen einzelner Schülerinnen und Schüler, spezieller Schülergruppen oder auch einer ganzen Klasse erhalten die Lehrkräfte eine wichtige Informationsbasis für pädagogische Entscheidungen (Blumenthal et al., 2014; Deno, 2003).

Für die Lernverlaufsmessung gibt es in LEVUMI zur Interpretation des Lernerfolgs eine Klassenübersicht für jeden Test (s. Abb. 4) und eine Schülerübersicht für alle Tests einer Schülerin bzw. eines Schülers (s. Abb. 5). Neben

den Verlaufsgraphen bekommen die Lehrkräfte für jede Messung qualitative und quantitative Ergebnisse. Quantitativ werden die Anzahl an richtig und falsch gelösten Items sowie die Lösungswahrscheinlichkeit für jeden Testzeitpunkt angegeben. Qualitativ werden die konkreten jeweils richtig bzw. falsch gelösten Items sowie die Items, die bei wiederholter Testung besonders häufig richtig bzw. falsch gelöst wurden, angegeben. Während die quantitativen Informationen Rückschlüsse über den individuellen Lernfortschritt erlauben, helfen die qualitativen Daten der Lehrkraft bei diagnostischen Entscheidungen über mögliche Fördermaßnahmen.

Aktuell bietet LEVUMI hauptsächlich Tests zum Lesenlernen an – eine Erweiterung auf andere Fächer, insbesondere Mathematik, ist in Vorbereitung. Die Vorteile und grundlegende Arbeitsweise von LEVUMI sind letztlich unabhängig von den Inhalten, die dort getestet werden. Da es bei Lesetests unabdingbar ist, dass die Lehrkraft oder eine Person während des Tests anwesend ist und die Richtigkeit der vorgelesenen Items überprüft – diese werden während des Tests direkt von der Lehrkraft per Tastatur in LEVUMI eingegeben –, ist der Zeitaufwand für diese Form des Testens immer noch vergleichsweise hoch. Bei Aufgabenformaten, in denen die Schülerinnen und Schüler auch selbstständig am PC die Tests durchführen können und diese direkt automatisch bewertet werden können – etwa bei einfachen Rechenaufgaben –, verbessert LEVUMI die Testökonomie nochmals beträchtlich.

Insbesondere in den ersten Schuljahren zeigt sich die Leseflüssigkeit im Rahmen von Eine-Minute-Leseaufgaben als ein wichtiger Prädiktor für die Lesefertigkeit (Fuchs et al., 2001; Landerl et al., 1997). LEVUMI bietet zur Messung der Leseflüssigkeit Testreihen für Silben, Wörter und Pseudowörter. Die Silben- und Wörtertests wurden im Rahmen des Rügenger Inklusionsmodells (RIM) entwickelt und für die Online-Testung adaptiert. Für diesen Bereich liegen in der Testentwicklung und Evaluation umfangreiche Vorarbeiten vor (Diehl & Hartke, 2011). Im RIM wird der US-amerikanische »Response to Intervention«-Ansatz angewendet (National Center on Response to Intervention, 2010).

LEVUMI ist in einer Pilotphase und forschungsbegleitend weiterhin im Aufbau begriffen. Die Webplattform wird derzeit von ca. 100 Lehrkräften genutzt. Die weitere Entwicklung sieht neue Testformate – aktuell z. B. Zahlenstrahltests für den Mathematikunterricht sowie neue Auswertungsfor-





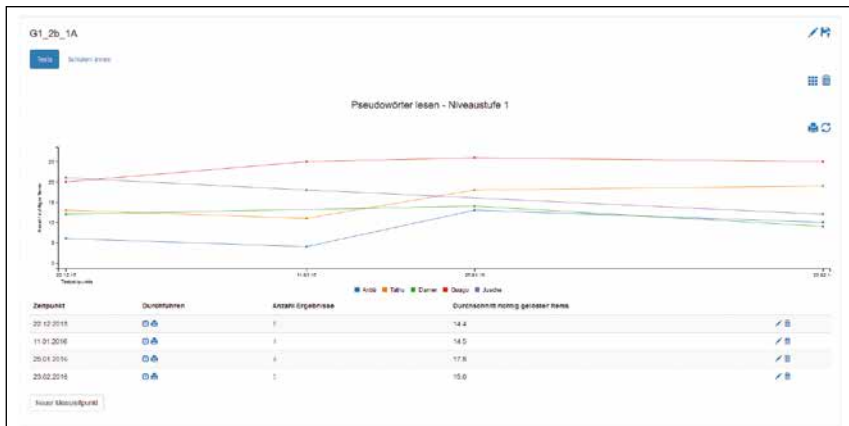


Abb. 5: Schüleransicht für einen Test in LEVUMI

U-DAEm – Diagnoseumgebung zur digitalen Leistungsmessung für formatives Assessment im Fach Mathematik

### FAST FACTS

Name der Anwendung	U-DAEm (Utrecht – Digital Assessment Environment mathematics)
Entwicklungsteam	Universität Utrecht Freudenthal Group of the Department of Pedagogy and Education of the Faculty of Social and Behavioral Sciences, in collaboration with the Freudenthal Institute of the Faculty of Science
Projektleitende Entwicklerinnen	Marja van den Heuvel-Panhuizen und Mieke Abels
Kosten	U-DAEm ist frei zugänglich. Um die Arbeit der Schülerinnen und Schüler zu speichern und Übersichten anzufertigen, ist jedoch eine DME-Lizenz nötig, die derzeit nur in den Niederlanden und in Belgien verfügbar ist. Kontakt unter: <a href="http://www.dwo.nl/en/">www.dwo.nl/en/</a> U-DAEm ist kein kommerzielles Produkt und im Moment noch ein Prototyp.

Fach (Themen)	Mathematik (Prozentrechnung, Bruchrechnung, Größen und metrische Systeme, Darstellungen)
Plattform	Digital Mathematics Environment ( <a href="http://www.dwo.nl/en/">www.dwo.nl/en/</a> )
Technische Voraussetzungen	Die Benutzung des U-DAEm erfordert einen Computer mit einem Java-fähigen Web-Browser. Beispielsweise können Apple Safari oder der Microsoft Internet Explorer als Web-Browser genutzt werden.
Sprachen	Englisch, Niederländisch
Zielgruppe	Lehrkräfte der oberen Primar- und unteren Sekundarstufe und ihre Schülerinnen und Schüler (Alter: 11 bis 14 Jahre)
Website	<a href="https://app.dwo.nl/dae/">https://app.dwo.nl/dae/</a> (log in as guest)

**Abb. 6:** Fast Facts zur Online-Plattform U-DAEm

U-DAEm (Utrecht – Digital Assessment Environment mathematics) ist eine Online-Umgebung, mit der mathematisches Wissen und zugehörige Fertigkeiten der Lernenden zu zentralen Themen des Mathematiklehrplans der Primar- und Sekundarstufe I erhoben werden können. U-DAEm ist eine Java-basierte Umgebung, die in der Plattform »Digital Mathematics Environment« (DME) realisiert wurde (Boon, 2009), sodass interaktive Applets implementiert werden können. Darüber hinaus können die Diagnoseergebnisse der Schülerinnen und Schüler dank der Aufzeichnungsmöglichkeiten automatisch gespeichert und für eine Übersicht weiterverarbeitet werden.

U-DAEm wurde innerhalb des Projektes FaSMEd (Formative Assessment in Science and Mathematics Education) entwickelt. Das FaSMEd-Projekt war ein internationales, EU-gefördertes Entwicklungs- und Forschungsvorhaben, an dem Universitäten und Einrichtungen aus zahlreichen europäischen Ländern beteiligt waren. Ziel des Projektes war es, zu untersuchen, wie Technologie in der Unterrichtspraxis im Rahmen von formativen Leistungsmessungen eingesetzt werden kann, um angemessen auf die Bedürfnisse von (leistungsschwächeren) Lernenden in den Naturwissenschaften und der Mathematik zu reagieren. Dadurch soll deren weiteres Lernen in diesen wichtigen Schulfächern unterstützt werden.

Mit U-DAEm kann das mathematische Verständnis von 11- bis 14-jährigen Lernenden in vier mathematischen Bereichen erhoben werden: Prozentrechnung, Bruchrechnung, Größen/metrische Systeme und Darstellungen. Diese Bereiche wurden gewählt, da die Schülerinnen und Schüler dieser Schulstufen hier typischerweise Schwierigkeiten aufweisen. Für jeden Bereich wurde ein Modul entwickelt, das aus zwei Tests besteht: Test A und Test B. Hinzu kommt eine Reihe einführender Aktivitäten, bei denen die Schülerinnen und Schüler die Benutzung von U-DAEm kennenlernen. Jeder Test besteht aus einer Serie von sechs oder sieben Aufgaben. Die Aufgaben in Test B sind geringfügig schwieriger als die in Test A. Es ist vorgesehen, dass alle Schülerinnen und Schüler Test A bearbeiten. Test B ist beispielsweise dafür vorgesehen, um zu überprüfen, ob Verständnisschwierigkeiten seitens der Lernenden persistieren, nachdem der Unterricht von der Lehrkraft, basierend auf den Diagnoseergebnissen aus Test A, angepasst wurde. Hierbei ist zu beachten, dass die Lernenden selbst kein Feedback der Umgebung U-DAEm zur Richtigkeit ihrer Antworten erhalten. Es liegt folglich allein in der Hand der Lehrkräfte, zu entscheiden, ob und wenn ja welche Art von Feedback ihre Schülerinnen und Schüler erhalten sollen. U-DAEm soll nicht dazu dienen, die Leistungen der Lernenden zu benoten, sondern ist vielmehr darauf ausgelegt, die Diagnoseergebnisse als Informationen für Entscheidungen hinsichtlich weiterer unterrichtlicher Schritte zu nutzen.

Die Diagnoseaufgaben basieren auf den Referenzlevels 1F und 1S (F = Minimalstandards; S = Regelstandards), die als Bildungsstandards für das Ende der Primarstufe in den Niederlanden festgelegt wurden (Noteboom et al., 2011). Die sechs bis sieben Aufgaben repräsentieren die zentralen Kompetenzen, die Lernende in den vier mathematischen Inhaltsbereichen erreichen müssen. Abbildung 7 zeigt eine Aufgabe aus Test A, die die Kernkompetenz »Teil eines Ganzen als Prozent beschreiben« anspricht.

Ein Hauptmerkmal von U-DAEm ist, dass die Diagnoseumgebung nicht darauf beschränkt ist, reine Testergebnisse zu produzieren. Dadurch, dass sie die Arbeitsweise der Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung der Diagnoseaufgaben erfasst und sichtbar macht, ermöglicht sie den Lehrkräften vielmehr, die Lösungsstrategien der Lernenden zu analysieren. U-DAEm stellt den Lehrkräften entsprechende Informationen zur Verfügung, um diese anschließend als Ausgangspunkt für den weiteren Unterrichtsgang nutzen zu

**Problem 4**

Caren plays a computer game. Her score is 24 out of 80 points.  
What percent is her score?

Answer: |. %

---







		scrap paper
		bar
		table

Abb. 7: Prozentaufgabe mit Links zu den Hilfswerkzeugen

können. Der Schlüssel zur Bereitstellung dieser Informationen ist, dass U-DAEm den Lernenden für jede Aufgabe frei wählbare Hilfsmittel im Sinne der dynamischen Leistungserhebung zur Verfügung stellt. Für die Prozentaufgaben sind dies Schmierpapier, ein interaktiver Prozentbalken und eine Verhältnistabelle (Abb. 7). Wenn ein Lernender auf das Symbol eines Hilfsmittels klickt, öffnet sich ein entsprechendes Fenster.

Auf dem Schmierpapier können die Lernenden Notizen und Zeichnungen machen. Es gibt einen Bleistift und einen Radiergummi sowie ein Werkzeug, mit dem man Rechtecke zeichnen kann. Die Schülerinnen und Schüler können das Schmierpapier beispielsweise nutzen, um Berechnungen zu machen oder Zwischenergebnisse zu notieren. Das nächste Hilfsmittel ist ein interaktiver Balken. Hier können die Lernenden Schieber verwenden, um Zahlen und Prozentwerte zu wählen und zu verändern oder durch Bewegung der Schieber die Zahlen kovariieren zu lassen. Das dritte Hilfsmittel zur Lösung von Prozentaufgaben ist eine Tabelle für Verhältnisse. Diese Tabelle ist nicht interaktiv. Die Lernenden müssen alle Werte eigenständig eintragen, aber der Tabellenaufbau kann die Lernenden dabei unterstützen, das Verhältnis beizubehalten.

Schülerinnen und Schüler können selbst entscheiden, ob sie bei der Lösung der Aufgaben Hilfsmittel verwenden. Das bedeutet, dass einige Lernende sie nutzen, andere hingegen nicht. Auch wenn argumentiert werden kann, dass

damit die Testbedingungen nicht für alle Lernenden identisch sind und sich dadurch die Reliabilität und Validität des Tests mindern, hat diese Freiheit auch einen Vorteil: Sie macht U-DAEm in den Händen der Lehrkraft zu einem potenziell wirkungsvollen Instrument für formative Diagnostik. Tatsächlich informiert U-DAEm die Lehrkräfte darüber, was ihre Schülerinnen und Schüler leisten können, wenn sie Hilfsmittel zur Verfügung haben. Darüber hinaus verdeutlicht U-DAEm, welche Hilfsmittel nützlich für die Lernenden sind und wie sie ihnen nützen. Ausgestattet mit diesem Wissen, können die Lehrkräfte ihren Unterricht nicht nur darauf basierend planen, was ihre Schülerinnen und Schüler noch nicht können, sondern auch darauf, was sie können, wenn auch mit Hilfe. Folglich weicht das Verständnis von Leistungsmessung in U-DAEm vom gängigen Verständnis ab.

Durch die Übersichtsfunktion haben Lehrkräfte einfachen Zugang zu den Antworten der Lernenden (Abb. 8). Die Übersicht zeigt die Antworten der Lernenden und ob diese richtig oder falsch sind. Außerdem ist zu sehen, welche Hilfsmittel die Schülerinnen und Schüler genutzt haben. Ferner ist es möglich, dass die Lehrkräfte alle digitalen Testbögen im Detail anschauen und sehen, ob und wie die Lernenden die Hilfsmittel individuell genutzt haben. In der aktuellen Version von U-DAEm sehen die Lehrkräfte nur die Endergebnisse der Schülerinnen und Schüler, wobei die Abfolge der Lösungsschritte, die der Lernende im Lösungsprozess gemacht hat, nicht angezeigt wird. Obwohl dies innerhalb der DME-Plattform technisch möglich wäre, wurde die Option bewusst weggelassen, um U-DAEm nicht zu kompliziert zu gestalten.

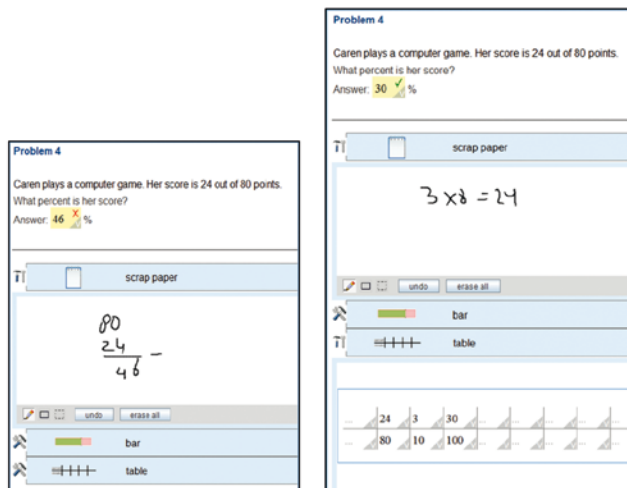
Angenommen, die Lehrkraft einer fünften Klasse möchte das Verständnis ihrer Schülerinnen und Schüler im Bereich Prozentrechnung erheben. Sie lässt die Lernenden Test A zur Prozentrechnung durchführen, bei dem sechs Aufgaben eigenständig bearbeitet werden müssen. Wenn alle Lernenden den Test beendet haben, erstellt die Lehrkraft automatisch mithilfe des Systems eine Übersicht über alle Schülerbearbeitungen. Diese Übersicht zeigt für jede der sechs Aufgaben, welche Lösungen die Lernenden angegeben haben und ob diese richtig (grün markiert) oder falsch (rot markiert) sind (Abb. 8). Rechts von der Spalte mit den Lösungen wird angezeigt, ob die Lernenden das Schmierpapier (Spe), den Prozentbalken (Bar) oder die Tabelle (Tab) genutzt haben. Es ist auch ersichtlich, ob mehrere Hilfsmittel genutzt wurden.

Students	log answers			log scores			log errors			log attempts count			log attempts			log data			partial scores					
	1	1.1	1.2	1.3	2	2.1	2.2	2.3	3	3.1	3.2	3.3	4	4.1	4.2	4.3	5	5.1	5.2	5.3	6	6.1	6.2	6.3
Fasmed student 1	48	Ja	Ja	14	Ja	Ja	105				Ja	19.2	Ja	Ja	32	Ja	Ja	150	Ja					
Fasmed student 2	49	Ja	Ja	56	Ja	Ja	105	Ja	Ja			30	Ja	Ja	32	Ja	Ja	150	Ja					
Fasmed student 3	49	Ja	Ja	56	Ja	Ja	105					30	Ja	Ja	32	Ja	Ja	150	Ja					
Fasmed student 4	29						105					33			32	Ja	Ja	225	Ja					
Fasmed student 5	48			Ja	56	Ja		105	Ja			19.2	Ja	Ja	32	Ja	Ja	150	Ja					
Fasmed student 6	48	Ja	Ja	56	Ja	Ja	105					30	Ja	Ja	32	Ja	Ja	150	Ja					
Fasmed student 7	48	Ja	Ja	14	Ja	Ja	105	Ja	Ja			30	Ja	Ja	32	Ja	Ja	250	Ja			Ja		

Abb. 8: Übersicht der Schülerlösungen in den sechs Prozentrechnungsaufgaben von Test A

Es ist zu sehen, dass Schüler 5 Aufgabe 4 falsch beantwortet hat und für die Lösung das Schmierpapier verwendet hat (Fall a in Abb. 8). Wirft die Lehrkraft nun einen Blick auf die Bearbeitung von Schüler 5 (Abb. 9), so kann sie erkennen, dass dieser anscheinend keine Vorstellung davon hat, was es heißt, einen Teil eines Ganzen als Prozent zu beschreiben. Der Schüler hat lediglich die zwei Zahlen subtrahiert und dabei einen Fehler gemacht. Wenn die Lehrkraft sich jedoch die anderen Ergebnisse anschaut, so entdeckt sie, dass der Schüler die Aufgaben 3 und 5 richtig gelöst hat. In beiden Fällen hat er den Balken zu Hilfe genommen. Daraufhin sollte die Lehrkraft den Schüler ermuntern, Aufgabe 4 mithilfe des Balkens erneut zu lösen. So kann sie sehen, ob ihm dieses Hilfsmittel hilft.

Schülerin 2 hat Aufgabe 4 korrekt gelöst (Fall b in Abb. 8) und dabei das Schmierpapier und die Tabelle genutzt. Die Lehrkraft möchte erfahren, warum Schülerin 2 die Multiplikation auf dem Schmierpapier gemacht hat. Vielleicht wollte die Schülerin nur kontrollieren, ob 24 durch 8 teilbar ist. In diesem Fall kann die Lehrkraft die Schülerin zu ihrer Lösungsstrategie fragen. Darüber hinaus ist die Lehrkraft überrascht zu sehen, dass die Schülerin noch bei zwei anderen Aufgaben erfolgreich die Tabelle verwendet hat, um das Verhältnis zu bestimmen, obwohl diese im Mathematikunterricht selten eingesetzt wurde. Die Lehrkraft überlegt nun, die Tabelle zukünftig im Unterricht verstärkt zu nutzen, wenn es um Prozentrechnung geht. Dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler diesen Test zu Prozenten gemacht haben, hat die



Bearbeitung Schüler 5

Bearbeitung Schülerin 2

**Abb. 9:** Bearbeitungen der Lernenden 5 und 2 für Aufgabe 4

Lehrkraft wertvolle Hinweise erhalten, wie sie ihren Unterricht im Bereich Prozentrechnung in Zukunft gestalten sollte.

## FAZIT ZU DEN DREI BEISPIELEN

Die drei Beispiele Socrative, LEVUMI und U-DAEM illustrieren in ihrer Unterschiedlichkeit die Spannweite der Möglichkeiten einer computergestützten formativen und summativen Diagnose sowie den Nutzen der gewonnenen diagnostischen Informationen für die Planung von Lehr-Lern-Prozessen. Dabei sind mit den Potenzialen der einzelnen Testformate allerdings immer auch Einschränkungen verbunden.

Socrative erfüllt durch einen recht einfach strukturierten Aufbau und eine dadurch einfache Bedienung Eigenschaften eines Diagnoseinstruments, das für eine schnelle und unkomplizierte Datenerhebung und für eine spontane Aufbereitung der Ergebnisse genutzt werden kann. Eine Rückmeldung so-

wohl an den einzelnen Lernenden als auch an die Lerngruppe ist für formative Zwecke sofort möglich oder aber verzögert, z. B. nach einer Analyse durch die Lehrkraft. Damit verbunden ist allerdings eine Einschränkung der unterstützten Testformate. Der Kategorisierung von Scalise und Gifford (2006; Abb. 1) entsprechend sind weniger komplexe und eher geschlossene Antwortformate zulässig. Dadurch wird nicht das vollständige Potenzial möglicher Aufgabenformate ausgeschöpft. Socrative liefert Informationen über die Anzahl und die Anteile richtig bzw. falsch gelöster Aufgaben und stellt folglich eher einfache Rückmeldungen zur Verfügung. Weiterhin muss einschränkend hervorgehoben werden, dass Socrative von Lehrkräften die Entwicklung eigener Tests erfordert. Für den deutschen Sprachraum gibt es keine Datenbank bereits entwickelter und erprobter Tests. Aufgrund der hohen testtheoretischen Anforderungen an eine Lernverlaufsdiagnostik wird deren Umsetzung damit deutlich erschwert. Andererseits bietet Socrative als inhaltsungebundenes Diagnoseinstrument die freie Gestaltung von computergestützten Tests.

LEVUMI verwendet aufwendigere Diagnoseinstrumente, die für Rückmeldungen an die Lernenden und Lehrenden die Visualisierung des Lernverlaufs über die Zeit ermöglichen. Jedoch erlauben bestimmte Testformate (z. B. Lesetests) noch keine automatisierte Bewertung der Testergebnisse, sodass Lehrkräfte nach wie vor die Bewertung selbst vornehmen und das Ergebnis der Bewertung selbst eingeben müssen. Vom Grundprinzip ist die Lernverlaufsdiagnostik als Visualisierung mehrerer Messzeitpunkte eines Lernenden aber vollständig automatisierbar. Aufbauend auf den evidenzbasierten theoretischen Grundlagen der formativen und summativen Diagnostik, stellt LEVUMI der Unterrichtspraxis bereits erprobte und validierte Tests zur Verfügung. Die anhand der Tests gesammelten Informationen können aufgrund der hohen Testqualität direkt für diagnostische Entscheidungen sowie für die Anpassung des weiteren Unterrichtsverlaufs herangezogen werden.

Eine zusätzliche Qualität der Diagnose und Bewertung zeigt das Beispiel U-DAEm auf. Dem Lernenden werden drei verschiedene interaktive Hilfen zur Verfügung gestellt, die er in freier Entscheidung für die Bearbeitung einer Aufgabe auswählen kann. Die Antwortformate sind daher wesentlich komplexer und offener als z. B. bei Socrative und ermöglichen die Überprüfung komplexerer Kompetenzen wie das Problemlösen. Die Rückmeldung von diagnostischen Informationen an die Lehrkraft ist umfangreich. Es werden sowohl



quantitative als auch qualitative Informationen bereitgestellt (Angaben darüber, ob eine Aufgabe gelöst wurde und welche Interaktionen für die Bearbeitung genutzt wurden). Der Lehrkraft obliegt es, die Qualität der Bearbeitungen selbst zu überprüfen. Dabei wird sie durch eine tabellarische Übersicht und den direkten Zugang zu den Artefakten der Lernenden unterstützt. Während bei Socrative der Fokus der Rückmeldungen eher auf dem erstellten Produkt bzw. auf dem Ergebnis der Aufgabebearbeitung liegt, bietet U-DAEm durch die Betrachtung des Lernwegs (Wann wurde welche Hilfe in Anspruch genommen, und zu welchem Zwischenergebnis führte das?) auch Einblicke in den Lernprozess und im Speziellen in den Selbstregulationsprozess. Es ist also das Geben von deutlich komplexeren Rückmeldungen möglich. U-DAEm ist Java-basiert, und wie bei LEVUMI gibt es für die Lehrkraft keine Möglichkeiten, eigene Aufgaben zu entwickeln oder vorhandene zu adaptieren.

Sollten die in diesem Beitrag dargestellten Potenziale computergestützter Testverfahren zukünftig in einem stärkeren Maße erfüllt werden, so lassen sich für alle drei Beispiele vielversprechende Weiterentwicklungen vorschlagen. Socrative behält seine Stärke darin, dass jede Lehrkraft für jedes Unterrichtsfach Aufgaben erstellen kann. Um allerdings auch andere Antwortformate zu bedienen, ist es denkbar, z. B. Aufgabenschablonen für komplexe Multiple-Choice-Aufgaben (z. B. two-tier; Tsui & Treagust, 2010) oder Concept-Maps (Taricani & Clariana, 2006) zu entwickeln sowie für offene Antwortformate Algorithmen zu entwickeln und zu erproben, die auch bei leichten Abweichungen der Antwort von Referenzantworten eine Qualität beurteilen lassen (Srihari et al., 2008). Bei LEVUMI kann die Qualität der Analyse beispielsweise durch eine sensible Spracherkennung gesteigert werden.

Für zukünftige adaptive Testsysteme ist zu prüfen, ob z. B. Lernwege, wie sie bei U-DAEm identifiziert werden können, als prototypisch zu klassifizieren sind. Abhängig vom bisher verzeichneten Erfolg derartiger Lernwege könnten Lernenden zukünftig automatisiert oder auf Anfrage Hilfestellungen gegeben werden. So kann das Programm bei (an)-geforderter Hilfestellung den aktuellen Lernweg mit bekannten Lernwegen vergleichen und gezielt Hinweise für Erfolg versprechende Lernschritte geben. Die hier beschriebenen potenziellen Entwicklungen erfordern zunächst hohe Fallzahlen, um zuverlässige Analysen zu ermöglichen. Der Mehrwert steigt, wenn diese Entwicklungen möglichst inhaltsungebunden vorgenommen werden können.

## AUSBLICK AUF ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN UND POTENZIALE

Lernprozesse und Lernprodukte mit digitalen Medien diagnostizieren? Ausgehend von dieser Frage wurde in dem vorliegenden Beitrag zunächst ein Überblick über Merkmale summativer und formativer Diagnostik sowie insbesondere über das Verhältnis der beiden Zwecke von Diagnostik zueinander gegeben. Darauf aufbauend wurde in Potenziale der computergestützten formativen und summativen Diagnostik eingeführt. Bisher werden den digitalen Medien messtheoretische und messmethodische Vorteile bei der Diagnose zugesprochen. Demnach besteht der Nutzen vor allem in einem größeren Spektrum denkbarer Testformate und damit in der Erhebung eines größeren Spektrums an Kompetenzen. Durch eine Automatisierung des gesamten Prozesses wird der Nutzen zudem vor allem in einer verbesserten Testökonomie gesehen. Nicht nur die Diagnose selbst kann computergestützt erfolgen, sondern auch das Rückmelden. Dadurch soll dieses objektiver, valider und reliabler erfolgen. Ferner ermöglichen digitale Medien das direkte Geben individueller Rückmeldungen, wodurch wiederum die Rückmeldeökonomie verbessert wird. Anhand dreier Beispiele wurden anschließend konkrete praktische Möglichkeiten für gelingendes computergestütztes Testen aufgezeigt. Dabei stand sowohl die Diagnose für summative als auch formative Zwecke im Mittelpunkt. Insbesondere anhand der beiden Beispiele LEVUMI und U-DAEm wurde verdeutlicht, wie der Übergang von Lernprodukten zu Lernprozessen mit digitalen Medien gelingen kann. Computergestütztes Testen ermöglicht das detaillierte Nachvollziehen der Lösungswege sowie das Aufzeichnen von Lernverläufen über einen längeren Zeitraum. Diese Informationen können Lehrkräfte nutzen, um nächste Schritte im Lernen der Schülerinnen und Schüler zu planen, indem sie ihnen entweder Bearbeitungshinweise geben oder neue adaptive Lerngelegenheiten planen.

Zur empirischen Beantwortung der Frage, wie die Diagnose von Lernprozessen zu Lernprodukten gelingen kann, sollte weiterhin ein Fokus auf der Entwicklung mediengestützter Lern- und Diagnoseumgebungen mit einem Schwerpunkt auf der Diagnostik von Kompetenzen sowie auf der Untersuchung dieser Anwendungen im Hinblick auf ihre Wirkungen liegen. Gleichzeitig sollte der Aspekt der Rückmeldungen als mitunter entscheidendem Teil

der Diagnostik bei der Entwicklung systematischer hinsichtlich des Fokus der Rückmeldungen eingebunden werden. Bei der Wahl der Domäne sollten verstärkt Beispiele im Bereich der Naturwissenschaften entwickelt und evaluiert werden. Für diese Domäne gibt es bisher kaum Beispiele, die sich systematisch bezüglich Effekt und Wirkung untersuchen ließen.

Bei empirischen Untersuchungen sollte darauf geachtet werden, dass nicht pauschal gefragt wird, ob beispielsweise der Einsatz von mobilen Endgeräten im Unterricht bei der Diagnose gewinnbringender ist als die Implementierung Papier-Bleistift-basierter Verfahren. Es sollte auch nicht ein einzelnes Medium isoliert in den Mittelpunkt der fachdidaktischen Forschung gerückt werden. Vielmehr gilt es, schulische Rahmenbedingungen und die konkrete Einbettung der digitalen Medien mit in den Blick zu nehmen. Am Beispiel von U-DAEm wurde diesbezüglich aufgezeigt, dass die letztliche Nutzung der diagnostischen Informationen für die Anpassung von Lehr-Lern-Prozessen in der Hand der Lehrkraft liegt. Bezüglich der Untersuchung der Wirkung von digitalen Medien bei der Diagnostik ist ihr professionelles Handeln also mitunter entscheidend und die bloße Verfügbarkeit eines Mediums nicht ausreichend. Ziel muss also die Entwicklung und Evaluation von pädagogischen Handlungskonzepten oder didaktischen Szenarien sein, in denen digitale Medien die Diagnose und das Rückmelden von Lernverläufen unterstützen oder erst ermöglichen.

Neben der Entwicklung sollte auch die Implementierung in der Unterrichtspraxis Gegenstand von Forschung sein, möglichst gemeinsam mit Lehrkräften. Eine solche entwicklungsorientierte fachdidaktische Forschung mit engen Rückkopplungen in die Praxis würde eine schnellere Implementierung von Forschungsergebnissen im Bereich der computergestützten Diagnostik begünstigen, aber auch eine größere Passung zwischen fachdidaktischen Entwicklungen und unterrichtspraktischen Bedarfen auf dem Gebiet herstellen.

Parallel zur inhaltlichen Entwicklung von Diagnose- und Bewertungsverfahren durch Fachdidaktik in Kooperation mit der Unterrichtspraxis gilt es für die Bildungsadministration, die technische Umsetzung sowie die technischen Voraussetzungen in den Schulen im Blick zu behalten. Nur wenn eine Passung gegeben ist, kann eine Implementierung von erprobten Beispielen in der Breite erfolgen. Derzeit scheint die Ausstattung der Schulen mit Computern für eine flächendeckende Einführung mediengestützter Diagnose- und

Bewertungsverfahren nicht zufriedenstellend zu sein (Cornelsen Verlag, Texas Instruments Deutschland & Initiative D21, 2011).

### AUF EINEN BLICK

- Computergestützte Diagnostik von Kompetenzen für summative und formative Zwecke ist technisch möglich. Computergestütztes Testen ermöglicht aufgrund des beinahe synchronen Sammelns, Analysierens und Berichts diagnostischer Informationen im Unterricht eine effiziente Messung von Kompetenzen, auch in großen Lerngruppen. Im Hinblick auf das fachliche Lernen im Unterricht ist es somit in der Unterrichtspraxis möglich, stärker auf Lernprozesse als auf Lernprodukte zu fokussieren.
- Computergestütztes Testen ermöglicht das Erfassen und Aufzeichnen von Kompetenzständen zu mehreren Zeitpunkten und damit die Analyse von Lernverläufen.
- Computergestütztes Testen ermöglicht die automatische Zuweisung von Schülerinnen und Schülern zu spezifischen interaktiven Hilfen oder Lernaktivitäten und kann damit adaptiv eingesetzt werden.
- Computergestütztes Testen ermöglicht aufgrund der Effizienz das direkte Rückmelden des Kompetenzstandes einerseits an die Lernenden, die darauf basierend nächste Schritte im Lernprozess ergreifen können, und andererseits an die Lehrkraft, die daraufhin weitere Instruktionsmaßnahmen anpassen oder ergreifen kann.
- Derzeit stellen sich aus Sicht der fachdidaktischen Forschung zwei Herausforderungen: die Entwicklung von Beispielen für computergestützte Diagnostik, die komplexere Kompetenzen erfassen können, sowie von Verfahren, die sich durch die Nutzer an die schulischen und unterrichtlichen Gegebenheiten anpassen ließen.
- Aus Sicht der Bildungsadministration gilt es, die schulischen Bedingungen an die technischen Bedarfe für eine Einführung von computergestützter Diagnostik zu schaffen, um die Implementierung von E-Assessments und damit den Übergang von Lernprodukten zu Lernprozessen zu ermöglichen.

## LITERATUR

- Bangert-Drowns, R. L., Kulik, C.-L. C., Kulik, J. A. & Morgan, M. (1991). The Instructional Effect of Feedback in Test-Like Events. *Review of Educational Research*, 61(2), 213 – 238.
- Bell, B. & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536 – 553.
- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University. What the Student Does*. Maidenhead: Open University Press & McGraw Hill.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7 – 74.
- Black, P. & Wiliam D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational assessment, evaluation and accountability*, 21(1), 5 – 31.
- Blumenthal, Y., Kuhlmann, K. & Hartke, B. (2014). Diagnostik und Prävention von Lernschwierigkeiten im Aptitude Treatment Interaction-(ATI) und Response to Intervention-(RTI)-Ansatz. In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Tests & Trends, NF Bd. 12. Formative Leistungsdiagnostik* (S. 61 – 82). Göttingen: Hogrefe.
- Boon, P. (2009). A designer speaks: Peter Boon. *Educational Designer*, 1(2), 1 – 11. Verfügbar unter: [www.educationaldesigner.org/ed/volume1/issue2/article7/](http://www.educationaldesigner.org/ed/volume1/issue2/article7/) (letzter Zugriff: 17.02.2017).
- Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Schaumburg, H., Schulz-Zander, R. & Senkbeil, M. (Hrsg.) (2015). *Schule digital – Der Länderindikator 2015. Schulische Nutzung digitaler Medien im Bundesländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Campione, J. C. (1989). Assisted assessment: A taxonomy of approaches and an outline of strengths and weaknesses. *Journal of Learning Disabilities*, 22(3), 151 – 165.
- Cizek, G. (2010). An introduction to formative assessment. History, characteristics, and challenges. In H. Andrade & G. Cizek (Hrsg.), *Handbook of formative assessment* (S. 3 – 17). New York: Routledge.
- Cornelsen Verlag, Texas Instruments Deutschland & Initiative D21. (2011). *(N)Onliner Atlas 2011: Bildungstudie: Digitale Medien in der Schule*. Verfügbar unter: <http://initiated21.de/app/uploads/2017/02/nonliner2011.pdf> (letzter Zugriff: 30.05.2017).
- Deno, S. L. (2003). Developments in curriculum-based measurement. *The Journal of Special Education*, 37(3), 184 – 192.
- Diehl, K. & Hartke, B. (2011). Zur Reliabilität und Validität des formativen Bewertungssystems IEL-1: Inventar zur Erfassung der Lesekompetenz von Erstklässlern. *Empirische Sonderpädagogik*, 3, 121 – 146.
- Ehlers, J. P., Guetl, C., Höntzsch, S., Usener, C. A. & Gruttmann, S. (2013). Prüfen mit Computer und Internet. Didaktik, Methodik und Organisation von E-Assessment. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. Verfügbar unter: [www.pedocs.de/volltexte/2013/8348/pdf/L3T\\_2013\\_Ehlers\\_et\\_al\\_Pruefen\\_mit\\_Computer.pdf](http://www.pedocs.de/volltexte/2013/8348/pdf/L3T_2013_Ehlers_et_al_Pruefen_mit_Computer.pdf) (letzter Zugriff: 23.03.2017).

- Eilers, B., Gruttmann, S. & Kuchen, H. (2008). Konzeption eines integrierbaren Systems zur computergestützten Lernfortschrittskontrolle. In H. L. Grob, J. vom Brocke & C. Buddendick (Hrsg.), *E-Learning-Management* (S. 213–232), München: Vahlen Verlag.
- Elliott, J. (2003). Dynamic assessment in educational settings: Realising potential. *Educational Review*, 55(1), 15–32.
- Feuerstein, R., Rand, Y. & Hoffman, M. (1979). *The DA of retarded performers: The learning potential assessment device*. Baltimore, MD: University Park Press.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Hosp, M. K. & Jenkins, J. R. (2001). Oral Reading Fluency as an Indicator of Reading Competence: A Theoretical, Empirical, and Historical Analysis. *Scientific Studies of Reading*, 5(3), 239–256.
- Guthke, J. & Beckmann, J. F. (2003). Dynamic assessment with diagnostic programs. In R. J. Sternberg, J. Lautrey & T. I. Lubart (Hrsg.), *Models of intelligence for the new millenium* (S. 227–242). Washington, DC: American Psychological Society.
- Hamers, J. H. M., Sijtsma, K. & Ruijssenaars, A. J. J. M. (Hrsg.) (1993). *Learning potential assessment. Theoretical, methodological and practical issues*. Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Harlen, W. & James, M. (1997). Assessment and learning: differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 4(3), 365–379.
- Härtig, H. (2014). Software-basierte Evaluation freier Antwortformate. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20, 115–128.
- Hartke, B., Diehl, K. & Vrban, R. (2008). Planungshilfen zur schulischen Prävention – Früherkennung und Intervention bei Lern- und Verhaltensproblemen. In J. Borchert, B. Hartke & P. Jogschies (Hrsg.), *Frühe Förderung entwicklungsauffälliger Kinder und Jugendlicher* (S. 218–234). Stuttgart: Kohlhammer.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. London: Routledge.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Herzig, B. & Grafe, S. (2006). *Digitale Medien in der Schule. Standortbestimmungen und Handlungsempfehlungen für die Zukunft. Studie zur Nutzung digitaler Medien in allgemeinbildenden Schulen in Deutschland*. Bonn: Deutsche Telekom. Verfügbar unter: [www2.uni-paderborn.de/fileadmin/kw/institute-einrichtungen/erziehungswissenschaft/arbetsbereiche/herzig/downloads/forschung/Studie\\_Digitale\\_Medien.pdf](http://www2.uni-paderborn.de/fileadmin/kw/institute-einrichtungen/erziehungswissenschaft/arbetsbereiche/herzig/downloads/forschung/Studie_Digitale_Medien.pdf) (letzter Zugriff: 23.03.2017).
- Hill, J. (2015). How useful is Dynamic Assessment as an approach to service delivery within educational psychology? *Educational Psychology in Practice: Theory, Research and Practice in Educational Psychology*, 31(2), 127–136.
- Jurecka A. & Hartig, J. (2007). Computer- und netzwerkbasierendes Assessment. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. In BMBF (Hrsg.),

- Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik* (S. 37 – 48). Berlin: BMBF.
- Kluger, A. N. & DeNisi, A. (1996). The effects of feedback interventions on performance: a historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological Bulletin*, 119(2), 254 – 284.
- Koul, R., Clariana, R. B. & Salehi, R. (2005). Comparing Several Human and Computer-Based Methods for Scoring Concept Maps and Essays. *Journal of Educational Computing Research*, 32(3), 227 – 239.
- Krampen, G. (1987). Differential effects of teacher comments. *Journal of Educational Psychology*, 79(2), 137 – 146.
- Landerl, K., Wimmer, H. & Moser, E. (1997). *Salzburger Lese- und Rechtschreibtest*. Bern: Huber.
- Lauchlan, F. & Elliott, J. (2001). The psychological assessment of learning potential. *British Journal of Educational Psychology*, 71, 647 – 665.
- Lidz, C. S. & Elliott, J. G. (Hrsg.) (2000). *Dynamic assessment: Prevailing models and applications*. New York, NJ: Elsevier.
- Looney, J. (2010). Making it happen: Formative assessment and educational technologies. *Promethean Thinking Deeper Research Papers*, 1(3), 1 – 24.
- Maier, U. (2010). Formative Assessment – Ein erfolgversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(2), 293 – 308.
- Maier, U. (2014). Computergestützte, formative Leistungsdiagnostik in Primar- und Sekundarschulen – Ein Forschungsüberblick zu Entwicklung, Implementation und Effekten. *Unterrichtswissenschaft*, 42(1), 69 – 86.
- Maier, U. (2015). *Leistungsdiagnostik in Schule und Unterricht*. Bad Heilbrunn: utb.
- McMillan, J. H. (2010). The practical implications of educational aims and contexts for formative assessment. In H. L. Andrade & G. J. Cizek (Hrsg.), *Handbook of formative assessment* (S. 41 – 58). New York: Routledge.
- National Center on Response to Intervention (2010). *Essential components of RTI – A closer look at response to intervention*. Verfügbar unter: [www.rti4success.org/resource/essential-components-rti-closer-look-response-intervention](http://www.rti4success.org/resource/essential-components-rti-closer-look-response-intervention) (letzter Zugriff: 19.06.2017).
- Naumann, J., Artelt, C., Schneider, W. & Stanat, P. (2010). Lesekompetenz von PISA 2000 bis PISA 2009. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider & P. Stanat (Hrsg.), *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt* (S. 23 – 71). Münster: Waxmann.
- Noteboom, A., Van Os, S. & Spek, W. (2011). *Concretisering referentieniveaus rekenen 1F/1S* [Konkretisierung der Referenzlevel 1F/1S für das Fach Mathematik]. Enschede: SLO.
- OECD (Hrsg.) (2005). *Formative assessment: improving learning in secondary classrooms*. Paris: OECD Publishing and Centre for Educational Research and Innovation.
- Peltenburg, M., Van den Heuvel-Panhuizen, M. & Robitzsch, A. (2010). ICT-based dynamic assessment to reveal special education students' potential in mathematics. *Research Papers in Education*, 25(3), 319 – 334.
- Poehner, M. E., Zhang, J. & Lu, X. (2015). Computerized dynamic assessment (C-DA): Dia-

- gnosing L2 development according to learner responsiveness to mediation. *Language Testing*, 32(3), 337 – 357.
- Redecker, C. & Johannessen, Ø. (2013). Changing assessment – Towards a new assessment paradigm using ICT. *European Journal of Education*, 48(1), 79 – 96.
- Russel, M. K. (2010). Technology-aided and formative assessment of learning – new developments and applications. In H. L. Andrade & G. J. Cizek (Hrsg.), *Handbook of formative assessment* (S. 125 – 138). New York: Routledge.
- Scalise, K. & Gifford, B. (2006). Computer-based assessment in e-learning: a framework for constructing »intermediate constraint« questions and tasks for technology platforms. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 4(6), 5 – 44.
- Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153 – 189.
- Shute, V. J. & Rahimi, S. (2017). Review of computer-based assessment for learning in elementary and secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33, 1 – 19.
- Srihari, S., Collins, J., Srihari, R., Srinivasan, H., Shetty, S. & Brutt-Griffler, J. (2008). Automatic scoring of short handwritten essays in reading comprehension tests. *Artificial Intelligence*, 172(2), 300 – 324.
- Taricani, E. M. & Clariana, R. B. (2006). A Technique for Automatically Scoring Open-Ended Concept Maps. *Educational Technology Research and Development*, 54(1), 65 – 82.
- Tsui, C.-Y. & Treagust, D. (2010). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073 – 1098.
- Tzurriel, D. & Shamir, A. (2002). The effects of mediation in computer assisted dynamic assessment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 21 – 32.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wang, T-H. (2010). Web-based dynamic assessment: Taking assessment as teaching and learning strategy for improving students' e-Learning effectiveness. *Computers & Education*, 54, 1157 – 1166.



## ÜBER DIE AUTOREN



UDE / Frank Preuß

---

**Mathias Ropohl** ist Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen. Nach dem Studium der Fächer Chemie und Geografie für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Duisburg-Essen promovierte er 2010 im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs »Naturwissenschaftlicher Unterricht« an der Universität Duisburg-Essen. Für seine Dissertation erhielt er den Universitätspreis. Anschließend absolvierte er das Referendariat und arbeitete bis Anfang 2013 als Studienrat an einem Gymnasium.

Von 2013 bis 2017 war Mathias Ropohl Juniorprofessor für Didaktik der Chemie am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Einer seiner Forschungsschwerpunkte ist die formative Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen.




---

**Kirsten Diehl** ist seit 2012 Professorin an der Europa-Universität Flensburg. Sie leitet die Abteilung »Inklusion und pädagogische Entwicklungsförderung«. Forschungsschwerpunkte sind Inklusion in Schule und Universität, Lernfortschrittsdiagnostik im Schriftspracherwerb sowie Einstellungen und Haltungen von Studierenden zu Fragen von Inklusion.




---

**Markus Gebhardt** ist Sonderpädagoge und empirischer Bildungsforscher. Seit 2016 ist er Professor für die Erforschung und Entwicklung inklusiver Bildungsprozesse an der TU Dortmund. Ziel seiner Forschung ist es, die Prozesse und Umsetzungen der schulischen Inklusion von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Behinderung zu verstehen und zu verbessern. Aus diesem Grund entwickelte er mit Kolleginnen und Kollegen die Online-Lernverlaufs-Plattform LEVUMI zur Feststellung des Lernerfolges für alle Schülerinnen und Schüler.



---

**Marja van den Heuvel-Panhuizen** ist Professorin für Didaktik der Mathematik am Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education in Utrecht, Niederlande. Ihre Forschungsinteressen liegen im Bereich der Lehr-Lern-Forschung im Fach Mathematik und in der Weiterentwicklung der Didaktik der Mathematik als wissenschaftlicher Disziplin. Ihr spezielles Interesse gilt der Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen im Fach Mathematik. Weitere zentrale Themen ihrer Forschung sind die Nutzung von Bilder-

büchern und von digitalen Medien sowie frühe Algebra, Schulbuchanalysen und die Förderung leistungsschwacher Schülerinnen und Schüler.



---

**Andreas Mühling** ist Informatiker und Fachdidaktiker. Seit 2016 leitet er als Juniorprofessor die Arbeitsgruppe »Didaktik der Informatik« an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Ein Forschungsschwerpunkt sind die Grundlagen der Lehr-Lern-Forschung in Informatik, speziell der Programmierunterricht. Weitere Schwerpunkte sind das Educational Data Mining sowie die Möglichkeiten der digitalen Technologien für die Unterstützung des Unterrichts, etwa durch Lernverlaufsmessungen.



---

**Sascha Schanze** ist seit 2006 Professor für Chemiedidaktik an der Leibniz Universität Hannover. Er begann seine wissenschaftliche Tätigkeit 1998 in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Demuth und promovierte 2001 am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Dort war er ab 2002 Juniorprofessor. Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehören die Nutzung digitaler Medien als Werkzeug in naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Prozessen und kollaborativen Lernformen. Sascha Schanze ist seit 2016 Senior-Fellow im Kolleg Didaktik: digital der Joachim Herz Stiftung.

---

Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht (2018). Ropohl, Lindmeier, Härtig, Kampschulte, Mühling und Schwanewedel (Hrsg.), Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag

# LERNORTE MIT MEDIEN VERNETZEN

## Chancen und Herausforderungen der lernortübergreifenden Mediennutzung

*Lorenz Kampschulte*

Naturwissenschaftlicher Unterricht steht vor der Aufgabe, Schülerinnen und Schülern eine naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) zu vermitteln, die neben kognitiven Merkmalen, wie einem profunden Basiswissen und prozessbezogenen Kompetenzen, auch motivationale Merkmale, wie eine positive Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften, beinhaltet (KMK, 2004). Ziel ist es dabei, junge Menschen auf die Teilhabe an einer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Gesellschaft sowie an gesellschaftlichen Diskursen zu naturwissenschaftlichen Themen vorzubereiten, indem sie im Unterricht zu einer Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen und ihren gesellschaftlichen Zusammenhängen angeregt werden (European Commission, 1995; KMK, 2005). Dies impliziert auch, dass Schülerinnen und Schüler lernen, naturwissenschaftsbezogene Entscheidungen evidenzbasiert zu treffen, und dass sie (naturwissenschaftsbezogene) Einstellungen ausbilden (Schiepe-Tiska et al., 2013). Derartige Zielsetzungen werden in der Praxis meist als ein abstrakter und schwer umsetzbarer Anspruch wahrgenommen und im Unterricht nur eingeschränkt erfüllt (Duit & Mikelskis-Seifert, 2007). Um trotzdem eine Annäherung an die Zielsetzungen zu erreichen, bieten sich alternative Lernorte, wie beispielsweise Schülerlabore, Museen, Zoos und Planetarien, als Ergänzung des schulischen Lernortes an. Hier können Schülerinnen und Schülern zusätzlich sowohl naturwissenschaftliche Inhalte und Forschung nähergebracht werden als auch Naturwissenschaften in ihrem gesellschaftlichen Kontext kritisch-konstruktiv reflektiert und eine positive Einstellung gegenüber Naturwissenschaften entwickelt werden (DeWitt & Storcksdieck, 2008; Lewalter & Geyer, 2005; Lewalter et al., 2014).

Um das Ziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung in seiner vollen Breite zu erreichen, kann es dabei durchaus zielführend sein, verschiedene

außerschulische Lernorte zu verknüpfen. Dies könnte etwa der Besuch einer Ausstellung und eines Schülerlabors zum selben Thema sein oder die Hinführung an astronomische Themen im Rahmen eines Planetariumsbesuchs, gefolgt von einer Exkursion zur eigenen Beobachtung des Sternenhimmels. Der Vorteil liegt darin, dass jeder Lernort eigene Ziele verfolgt, spezifische Charakteristika hat und das Thema in einem bestimmten Kontext behandelt. Damit kann jeder Ort einen spezifischen Beitrag zu den verschiedenen Aspekten naturwissenschaftlicher Grundbildung leisten. Letztendlich führt aber erst die Verbindung mit dem Schulunterricht zu einem ganzheitlichen Bild der Thematik, sodass eine differenzierte, lebendige und erfahrungsbasierte naturwissenschaftliche Bildung im Sinne von Scientific Literacy möglich wird.

Aber gerade diese Verbindung zwischen schulischem und außerschulischem Lernort ist eine besondere Herausforderung, die bis heute unzureichend wissenschaftlich untersucht ist. Ganz allgemein gesprochen finden sich zwei Transferprozesse: 1) Die Schule liefert eine strukturierte Wissensbasis, auf der die Aktivitäten am außerschulischen Lernort aufbauen und diese um weiteres Wissen und Erfahrungen bereichern. 2) Das am außerschulischen Lernort erlangte Wissen sowie die gemachten Erfahrungen werden im Anschluss in der Schule systematisch aufgearbeitet, um so eine strukturierte Wissensbasis zu erreichen. Im Idealfall finden beide Transferprozesse statt, sodass die Schülerinnen und Schüler mit ausreichend Vorwissen den außerschulischen Lernort besuchen und das dort erlangte Wissen und die Erfahrungen im Anschluss wieder im Schulunterricht systematisch in die Wissensbasis einbauen können. Die besondere Herausforderung liegt bei der Verknüpfung mehrerer Lernorte darin, ein kohärentes Lernerlebnis für die Schülerinnen und Schüler zu schaffen. Ist beim Lernen an einem einzigen Lernort, etwa der Schule, die Kohärenz noch durch die Lehrkraft bzw. die Institution gesichert, besteht bei verteilten Lernorten die Gefahr, durch zu geringe Kohärenz der Lernangebote bestenfalls inselartiges (kompartimentalisiertes) Wissen zu vermitteln (z. B. Spiro et al., 1992). Außerschulische Lernorte werden von unterschiedlichen Institutionen betrieben, meist auch mit einer Ausrichtung auf Zielgruppen, die weit über Schülerinnen und Schüler hinausgeht. Kohärenz mit den schulischen Bildungsangeboten (die noch dazu von Bundesland zu Bundesland variieren können) zu schaffen, etwa was

Basiskonzepte, Repräsentationen oder Begrifflichkeiten betrifft, ist in diesem Umfeld schwierig umzusetzen. Gerade in solchen Situationen spielt die Gestaltung der Schnittstelle zwischen Schule und außerschulischem Lernort eine wichtige Rolle zum Erreichen eines effektiven Lernprozesses. Herzig und Grafe sehen hier vor allem die Schule in der Pflicht, diese Verbindungen herzustellen: »Schule hat die Aufgabe, Verbindungen zwischen den außerschulischen und schulischen Lernwelten herzustellen. Aus der Sicht jeden Unterrichtsfaches muss überlegt werden, welche außerschulischen kulturellen Praxen der Schülerinnen und Schüler für das fachliche Lernen von Bedeutung sind.« (Herzig & Grafe, 2010, S. 125) Dies ist allerdings bei der großen Fülle und Unterschiedlichkeit der außerschulischen Lernorte kaum durch die Schule allein zu leisten, vielmehr ist es auch Aufgabe der außerschulischen Lernorte, ihren Beitrag zur effektiven Verbindung der Lernorte zu leisten. Ein intensiver Austausch zwischen den Lehrenden und den Betreibern außerschulischer Lernorte kann helfen, den Lernorten die entsprechenden Aufgaben zuzuweisen und durch gezielte Angebote und Maßnahmen die Reibungsverluste an den Schnittstellen zu minimieren, sodass für die Schülerinnen und Schüler ein möglichst kohärentes Lernerlebnis möglich wird.

Wie eine Verbindung der schulischen und außerschulischen Lernerfahrungen effektiv gelingen kann, ist eine offene Frage, der im Folgenden insbesondere bezogen auf die Unterstützungsfunktion von Medien nachgegangen wird. Gerade der Einsatz von digitalen Medien als Verbindungsglied zwischen verschiedenen Lernorten bietet Potenzial zur Entgrenzung von schulischen Lernräumen. Digitale Medien könnten so als Mittler zwischen informellen und formellen oder zwischen häuslichen, außerschulischen und schulischen Lernprozessen wirken. Funktional betrachtet steht diese Rolle aber nicht nur den digitalen Medien zu, auch viele klassische Medien können einen entscheidenden Beitrag zur Verbindung verschiedener Lernorte liefern (siehe Abschnitt »Medieneinsatz an der Schnittstelle schulischer-außerschulischer Lernort«, S. 158).

## LERNORTE

Bevor die Rolle der Medien als mögliches Bindeglied zwischen den Lernorten diskutiert wird, werden die Lernorte und ihre jeweiligen Besonderheiten und Herausforderungen erörtert. Die thematische und strukturelle Vielfalt der außerschulischen Lernorte ist immens, von Exkursionen ins Wattenmeer über geführte Museumsbesichtigungen bis hin zu ergebnisoffenen Forschungsangeboten im Schülerlabor. Zudem finden sich sehr heterogene Herangehensweisen und unterschiedliche Ebenen der Auseinandersetzung mit der Thematik. Im Folgenden sollen prototypisch die drei Lernorte Schule, Schülerlabor sowie Museum/Science Center skizziert werden. Bei den außerschulischen Lernorten wurden Schülerlabor und Museum/Science Center ausgewählt, da diese zum einen zu den meistgenutzten außerschulischen Lernorten in Deutschland gehören, zum anderen diese Lernorte aber auch in der Vergangenheit am häufigsten untersucht wurden. Zudem lassen sich viele der Erkenntnisse auf andere vorstrukturierte Lernorte wie Planetarien, Zoos und Aquarien übertragen.

### Schule

In Deutschland laufen umfangreiche Bemühungen, die Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundbildung in den Schulen neu auszurichten und vom kognitiv orientierten, lehrerzentrierten Klassenunterricht hin zu einem deutlich höheren Anteil an Schüleraktivitäten wie Laborexperimenten zu kommen. Trotzdem zeigen auch neuere Studien wie PISA 2015, dass nach wie vor Schülerinnen und Schüler im Naturwissenschaftsunterricht vor allem »Minds-on«-Aktivitäten erleben, die auf kognitive Anregungen abzielen, und weniger »Hands-on«-Aktivitäten erfahren, wie etwa die Entwicklung eigener Experimente oder die Durchführung strukturierter Laborexperimente (Schiepe-Tiska et al., 2016). Ebenso wird dort berichtet, dass Bezüge zur alltäglichen Lebenswelt aus Schülersicht ebenfalls eine verhältnismäßig geringe Rolle zu spielen scheinen. Damit ist zwar eine Basis hinsichtlich des Erwerbs eines fachsystematisch-strukturiereten Wissens gelegt, das aber auf einer primär abstrakten Ebene bleibt. Für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kom-

petenzen im Sinne einer breiter angelegten naturwissenschaftlichen Grundbildung mit deutlichem Erfahrungs- und Alltagsbezug (Literacy-Konzeptionen, s. u.) sind jedoch auch deren Anwendung und praktische Umsetzung von zentraler Bedeutung. Hierfür wird der instruktionale Ansatz des forschenden Lernens vorgeschlagen, der sich in der praktischen Umsetzung im (Schul-)Alltag üblicherweise dazu verkürzt, dass Experimente durchgeführt werden, und weniger, dass Schülerinnen und Schüler tatsächlich selbstständig Experimente entwickeln (Schiepe-Tiska et al., 2016).

Ein weiterer Aspekt, der den Erwerb einer umfassenden naturwissenschaftlichen Grundbildung einengt, ist die Ausrichtung des schulischen Lernens an den klassischen Fachkulturen. Aktuelle Wissenschaft ist hochgradig interdisziplinär, klassische Fachkulturen bieten bei Themen wie Life Sciences oder Nanowissenschaften nur noch sehr begrenzt Orientierung. In den naturwissenschaftlichen Curricula einiger Bundesländer wird diesem Trend bereits ansatzweise Rechnung getragen, indem etwa integrierte MINT-Fächer eingerichtet wurden.

Neben dem verfügbaren zeitlichen Rahmen als limitierendem Faktor ist auch die Ausstattung in den Klassenzimmern und Fachräumen üblicherweise nicht darauf ausgerichtet, realitätsnahe Forschungserfahrungen zu ermöglichen, und bietet somit für die Schülerinnen und Schüler nur sehr eingeschränkt die Chance, authentische Forschung zu betreiben und entsprechende Phänomene und Prozesse selbst nachvollziehen zu können. Zudem fehlen häufig Anschauungsobjekte, die es erlauben, den Realitätsbezug des Lernstoffs herzustellen. Um die Stärken des Schulunterrichts hinsichtlich der Vermittlung von Grundlagenwissen zu nutzen und diese mit erfahrungs- und realitätsnahen Elementen zu beleben, bietet sich als komplementäre Ergänzung die Kooperation mit außerschulischen Lernorten wie Schülerlaboren und Museen an.

## Schülerlabore

In Deutschland gibt es zurzeit knapp 400 Schülerlabore, die meisten von ihnen sind im Bundesverband LernortLabor<sup>1</sup> zusammengeschlossen. Die Mehrzahl der Labore ist an größere Institutionen, wie Universitäten, Forschungseinrichtungen oder Industriebetriebe, angebunden. Zunehmend werden sie aber auch als spezielle schülerorientierte Lernorte in Museen integriert. Aufgrund der zahlreichen Standorte sind diese außerschulischen Lernorte für eine Vielzahl von Schulen im Bundesgebiet erreichbar.

Ziel von Schülerlaboren ist es, Schülerinnen und Schülern handlungsorientiert naturwissenschaftliche Inhalte forschungs- und praxisnah in Form projektähnlicher Kurse näherzubringen. Anhand vorbereiteter Fragestellungen zu naturwissenschaftlichen oder technischen Themen erhalten sie die Möglichkeit, Forschungs- bzw. Entwicklungsprozesse eigenaktiv nachzuvollziehen und individuelle Erfahrungen zu sammeln. In Partner- und Kleingruppenarbeit können sie die meist experimentellen Angebote wahrnehmen und dabei Forschungs- und Arbeitsmethoden, Auswertungsverfahren sowie technische Apparaturen kennen- und einsetzen lernen (Priemer & Lewalter, 2009). Damit versuchen Schülerlabore, adäquate Ansichten über Naturwissenschaften und Technik zu vermitteln (Uhlmann & Priemer, 2009), Vorbehalte bei Schülerinnen und Schülern gegenüber Naturwissenschaften und Technik abzubauen, und geben im Sinne von Berufsorientierung Einblicke in naturwissenschaftliche und technische Tätigkeitsfelder und Studiengänge (Priemer & Lewalter, 2009). In Bezug auf die Merkmale Authentizität und Forschungsnähe sind allerdings bei den meisten Schülerlaboren starke Einschränkungen zu sehen, etwa weil die hohe Komplexität mancher Forschungsthemen eine erhebliche Reduktion bzw. Rekonstruktion für den Einsatz im Schülerlabor erfordert. Dies spiegelt sich auch in der Studie von Schmidt et al. (2011) wider, in der die Lehrkräfte mehrheitlich angaben, dass die Authentizität eines Schülerlabors nicht hoch genug ist, um etwa berufliche Perspektiven zu entwickeln.

Bezogen auf den Wissenserwerb, liegen die Stärken von Schülerlaboren weniger in der Vermittlung von umfangreichem Fachwissen als vielmehr in

---

<sup>1</sup> [www.lernortlabor.de](http://www.lernortlabor.de)



der Erarbeitung von Handlungs- und Strategiewissen, wie z. B. dem gezielten wissenschaftlichen Experimentieren. Damit stellen sie eine wesentliche Ergänzung zum Schulunterricht dar, in dem das Experimentieren aus verschiedenen Gründen viel stärker im Nachvollziehen von Experimenten liegt als darin, diese selbst zu konzipieren (Ropohl & Emden, 2017).

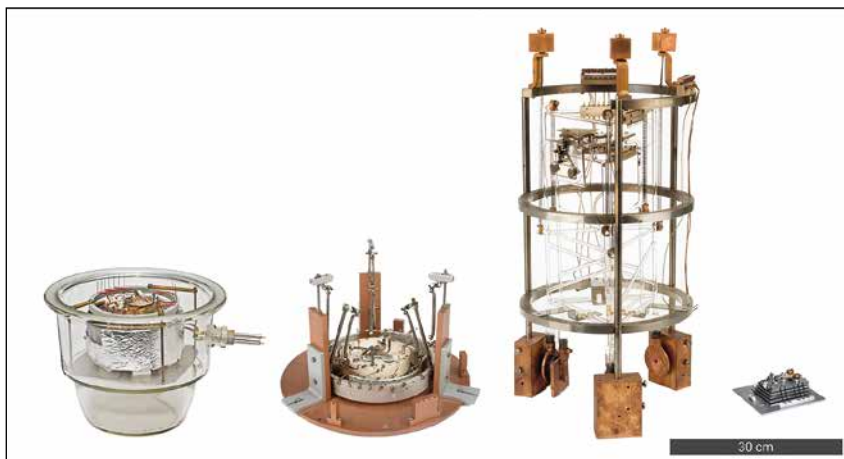
Neben dem Wissenserwerb sind aber bei den meisten Schülerlaboren auch Motivation und Interesse ganz entscheidende Zielkriterien (z. B. Guderian & Priemer, 2008), aus Sicht der Lehrkräfte sogar meist wichtiger als der eigentliche Lernzuwachs (Schmidt et al., 2011). Ältere Studien zur Wirksamkeit von Schülerlaborversuchen haben gezeigt, dass der Besuch von Schülerlaboren zwar kurzfristig das Interesse der Schülerinnen und Schüler für den jeweiligen Inhaltsbereich erhöht, aber keine mittel- und langfristigen positiven motivationalen Effekte erzielt werden (vgl. Glowinski, 2007). Wesentlich für die motivationale Wirkung ist u. a. die wahrgenommene Relevanz der Inhalte. Diese kann z. B. durch die Einbindung der Erfahrungen während des Laborbesuchs in den nachfolgenden Unterricht und die Verknüpfung mit Alltagserfahrungen oder einem Museumsbesuch gesteigert werden. Itzek-Greulich et al. haben anhand einer Studie gezeigt, dass es – gute Einbindung in den Unterricht vorausgesetzt – durchaus möglich ist, auch längerfristige Effekte zu erzielen (Itzek-Greulich et al., 2016). Zudem kann die Vorbereitung des Besuchs die mögliche »kognitive Überlastung« (Sweller et al., 1998) aufgrund des ungewohnten neuen Lernortes bzw. der Lernumgebung reduzieren (Meissner & Bogner, 2012). Glowinski (2007) beschreibt, dass die Mehrzahl der Besuche ohne jegliche Vorbereitung im Unterricht erfolgt. Leider zeigt sich in der Realität auch zehn Jahre später immer noch, dass eine umfassende Vorbereitung des Besuchs nach wie vor nicht der Standard ist, auch wenn sich die Situation seit 2007 sicher gebessert hat.

Wie diese kurze Charakterisierung bereits verdeutlicht, kann das Potenzial von Schülerlaboren nur in enger Kooperation mit dem Schulunterricht effektiv genutzt werden. Zudem können durch die Ergänzung von Schülerlaboren um entsprechende Erfahrungen an anderen außerschulischen Lernorten wie etwa Museen komplementäre Lernerlebnisse geschaffen werden, sodass für die Schülerinnen und Schüler ein umfassendes, forschungs- und realitätsbezogenes Wissensgebiet entsteht.

## Museum und Science Center

Naturwissenschaftlich-technische Museen erfreuen sich als Lernorte zur Ergänzung des schulischen Unterrichts hoher Beliebtheit: In Deutschland sind unter den 18,5 Mio. Besucherinnen und -besuchern im Jahr 2015 (Institut für Museumsforschung, 2016) Schülerinnen und Schüler mit einem Anteil von etwa 20 % vertreten. So wurde z. B. das Deutsche Museum im Jahr 2015 von 177.584 Schülerinnen und Schülern aus rund 8.000 Schulklassen besucht (Deutsches Museum, 2015). Andererseits weisen Untersuchungen darauf hin, dass Lehrkräfte Museumsbesuchen insgesamt ambivalent gegenüberstehen: Zum einen sind sie zwar grundsätzlich der Meinung, dass die Besuche positive Auswirkungen auf Interesse, Leistung und Allgemeinbildung der Schülerinnen und Schüler haben (Anderson & Zhang, 2003), zum anderen fühlen sie sich aber häufig an diesem viele Freiheitsgrade bietenden, unstrukturierten Lernort unsicher und wünschen sich daher mehr Unterstützung von Seiten der Museen (u. a. Geyer, 2008).

Museen und Science Center nutzen vor allem nicht personale Formen der Vermittlung, die eine individuelle und selbst gesteuerte Auseinandersetzung mit den dargebotenen Informationen ermöglichen, aber auch erfordern. Eines ihrer zentralen Anliegen besteht deshalb darin, die Informationen mithilfe von Exponaten so zu präsentieren, dass die Besucherinnen und Besucher angeregt werden, sich selbstständig damit zu beschäftigen, um eigene Erfahrungen zu machen und neues Wissen zu erwerben. Die selbst gesteuerte Besuchsgestaltung hat jedoch häufig zur Folge, dass die Verweildauer an den einzelnen Ausstellungselementen sehr kurz ist (Falk, 2009; Rounds, 2004; Serrell, 1998). Die Begegnung mit den verschiedenen Ausstellungsinhalten ist meist eher flüchtig und relativ passiv. Hier kann eine gezielte Vorbereitung des Besuchs in der Schule oder im Schülerlabor dazu beitragen, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit ausgewählten Objekten eingehender beschäftigen, da sie bereits deren Relevanz kennengelernt haben. Im Vergleich zum Schulunterricht und Schülerlaborbesuchen gibt es bei Museumsbesuchen in der Regel kein fest vorgegebenes Programm. Der Besuch ist individuell sehr unterschiedlich gestaltbar, und die hohe Vielfalt unterschiedlicher Exponate bietet den Schülerinnen und Schülern potenziell sehr viele Wahlmöglichkeiten. Inwieweit sie das Angebot trotz vieler Freiheitsgrade jedoch wirklich in



**Abb. 1:** Entwicklungsreihe der Rastertunnelmikroskopie, ausgestellt im Zentrum Neue Technologien des Deutschen Museums in München: erstes Rastertunnelmikroskop von 1981, zweite Generation 1982, dritte Generation 1983, vierte Generation 1984. (Fotos: Deutsches Museum)

der Tiefe nutzen können, hängt in hohem Maße von der (inhaltlichen und organisatorischen) Vorbereitung, den Rahmenbedingungen des Besuchs sowie der individuellen Selbstregulationsfähigkeit ab (Landmann et al., 2009).

Eine der größten Stärken dieses Lernorts im Vergleich zu Schülerlaboren und dem herkömmlichen Unterricht ist die hohe Authentizität der Originalobjekte in Verbindung mit ihrem Anwendungskontext in Forschung und Entwicklung. Wie in Kunstmuseen die Meisterwerke, beeindruckend in naturwissenschaftlich-technischen Museen die Originalobjekte als Spiegel der Forschung und des technischen Fortschritts. Realobjekte in verschiedenen Stadien ihrer technischen Entwicklung, seien es Dampflokomotiven oder die im Deutschen Museum gezeigte Entwicklungsreihe der Rastertunnelmikroskope (Abb. 1), verdeutlichen forschungsnah die wissenschaftlichen Zusammenhänge und stellen eine Alltags- und Praxisrelevanz her, indem ihre technische Entwicklung und ihre Einsatzmöglichkeiten detailliert dargestellt und Prinzipien der Forschung interaktiv demonstriert werden.

Ein weiterer Vorteil des Museums als ergänzendem außerschulischem Lernort liegt darüber hinaus darin, dass nicht nur eine Perspektive eingenom-

men wird, wie etwa die des Forschenden im Labor, sondern Themenbereiche häufig aus multiplen Perspektiven dargestellt werden und somit vielfältige Anknüpfungspunkte für eine individuelle Bedeutungszuschreibung in Hinblick auf die eigenen Erfahrungen und Interessen bieten, die das Erlernen einer flexiblen Wissensanwendung unterstützen (Spiro et al., 1992). Als Beispiel seien die gesellschaftlichen Implikationen von Nanotechnologie genannt, die neben den forschungsmethodischen Informationen im Zentrum Neue Technologien des Deutschen Museums diskutiert werden.

Außerdem spielen während des Museumsbesuchs soziale Aspekte eine wichtige Rolle, etwa der Austausch der Lernenden über ihre Erfahrungen oder das gemeinsame Finden von Antworten auf die eigenen Fragen. Allerdings sind auch dies Faktoren, die stark von der Vorbereitung, der generellen Vertrautheit mit dem Lernort Museum und letztlich auch der Selbstregulationsfähigkeit abhängen. Im Gegensatz zu Schülerlaboren ist die Auseinandersetzung mit den Inhalten jedoch deutlich passiver, und es gibt weniger Gelegenheiten zur aktiven Mitwirkung: Auch wenn inzwischen in den meisten Museen zahlreiche interaktive Exponate zur Verfügung stehen, ist eine wirklich problem- bzw. handlungsorientierte Auseinandersetzung eher selten möglich.

Forschungsergebnisse legen dar, dass Museumsbesuche als vom Unterricht abgekoppelte Ein-Tages-Ereignisse, wie sie häufig stattfinden, kaum effektiv sind, sondern eine systematische Einbettung in den Unterricht unabdingbar ist, um positive Effekte sowohl im Bereich Lernzuwachs als auch im Bereich Motivation zu erzielen (Lewalter, 2016). Ebenso wie bei Schülerlaborbesuchen kommt der inhaltlichen Vor- und Nachbereitung des Besuchs eine wichtige Rolle zu (Geyer, 2008). Auch hat sich gezeigt, dass schulische Museumsbesuche häufig stark rezeptiv sind und eigenaktive Elemente, wie sie gerade die Stärke von Schülerlaborbesuchen sind, zu kurz kommen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn der Besuch als Führung gestaltet ist, was in der Mehrzahl der Besuche (ca. 60 %) zumindest ein Teil des Programms ist (Geyer, 2008). Hinsichtlich kognitiver und motivationaler Effekte unterschiedlicher instruktionaler Gestaltungsformate, wie Führungen, Erkundungsmöglichkeiten oder Gruppenarbeiten, liegen widersprüchliche Befunde vor (Geyer, 2008; Neubauer et al., 2014). Museumsbesuche gehen zwar häufig mit einer höheren interessenbasierten Lernmotivation einher, laufen jedoch Gefahr, durch die

zahlreichen konkurrierenden Exponate und die Komplexität der dargestellten Inhalte die Schülerinnen und Schüler zu überfordern. Es gilt, eine Balance zu finden, die das Potenzial dieses offenen, realitätsnahen Vermittlungsortes für naturwissenschaftliche Forschung und Technik nutzt, jedoch die Schülerinnen und Schüler nicht mit eben dieser Freiheit und Komplexität überfordert.

Eine weitere Herausforderung ist die Frage der Leistungsbewertung der Schülerinnen und Schüler: Im formalen Kontext ist diese ein selbstverständlicher Baustein des Vermittlungsprozesses, an außerschulischen Lernorten ist diese in der Regel nicht vorgesehen und kann damit die Wahrnehmung sowie die Lernprozesse beeinflussen (Pleitner, 2012).

Zusammenfassend zeigt sich, dass trotz unterschiedlicher Begebenheiten an den außerschulischen Lernorten ähnliche Herausforderungen bestehen: Wie stellt man die Nachhaltigkeit eines Besuchs sowohl mit Blick auf Motivation und Interesse als auch im Sinne des Lernzuwachses sicher? Wie fördert man das naturwissenschaftliche Verständnis, etwa durch die Merkmale Authentizität und Forschungsnähe? Wie erreicht man eine umfassende Aktivierung der Schülerinnen und Schüler, ohne dabei kognitive Überlastung zu erzeugen? All diese Faktoren lassen sich durch eine planvolle Verbindung der verschiedenen Lernsituationen beeinflussen, um letztendlich für die Schülerinnen und Schüler eine kohärente Lernumgebung zu schaffen. Medien können dabei eine wichtige Rolle spielen, um die verschiedenen Lernorte zu verbinden – ganz besonders an der Schnittstelle zwischen Schule und außerschulischem Lernort – sodass eine eng angebundene Vor- und Nachbereitung möglich wird. Zusätzlich bieten gerade die digitalen Medien auch noch die Chance einer weiteren Entgrenzung der Lernräume, wenn die Ausdehnung des Raumes bis in den Alltag der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Schule reicht, etwa in die Freizeit.

## MEDIENEINSATZ AN AUSSERSCHULISCHEN LERNORTEN

Die Vielfalt der außerschulischen Lernorte spiegelt sich auch im Einsatz von Medien an diesen Orten wider. Arbeitet die Schule üblicherweise mit einem beschränkten Kanon an Medien, die stark am Lehrplan sowie dem im schulischen Umfeld Machbaren orientiert sind, sind den Medien an außerschulischen Lernorten (fast) keine Grenzen gesetzt: Von aufwendig gestalteten interaktiven Modellen über umfangreiche Simulationen bis hin zu Messinstrumenten, die sonst nur in der realen Forschung Anwendung finden, ist alles anzutreffen. Dabei spielen neben dem verfügbaren Budget weitere Faktoren eine entscheidende Rolle: Außerschulische Lernorte sind thematisch viel stärker fokussiert als der klassische Schulunterricht, was den Einsatz themenspezifischer Medien, wie z. B. eines Schülerlaborexperiments unter Einsatz eines Rasterkraftmikroskops, erst sinnvoll erscheinen lässt. Die starke Orientierung außerschulischer Lernorte hin zur Arbeit in Kleingruppen begünstigt den Einsatz von Medien zur Kollaboration, etwa eines großen interaktiven Touchtisches zur Kategorisierung von Artefakten aus verschiedenen Epochen. Der Einsatz von komplexeren Medien(systemen) wird auch an außerschulischen Lernorten oft erst durch einen speziell ausgebildeten Mitarbeiterstamm möglich – dies betrifft die Einweisung und Betreuung der Schülergruppen bei Nutzung der Medien ebenso wie die Wartung und Fehlersuche. Und nicht zuletzt werden durch den institutionellen Rahmen überhaupt erst Entwicklungen möglich, die zu neuen Medien führen, wie z. B. den »Talking Heads« in der Ausstellung Nano- und Biotechnologie des Deutschen Museums, einer Installation zur Reflexion des Einsatzes von Gentests beim Menschen (Abb. 2, Hagedorn-Saupe et al., 2013). All dies führt dazu, dass an außerschulischen Lernorten eine deutlich höhere Medienvielfalt und -spezialisierung anzutreffen ist (Hawkey, 2004; Schwan et al., 2008; s. Kapitel 1, S. 14).

An außerschulischen Lernorten stehen in der Regel das reale Erleben und authentische Einblicke in das Thema im Vordergrund. Dabei können Medien zwei Rollen einnehmen: Entweder dienen die Medien selbst dazu, authentische Einblicke zu vermitteln, etwa wenn Schülerinnen und Schüler in einem Schülerlabor selbst eine Probe mit einem Rasterkraftmikroskop untersuchen. Oder sie dienen der Ergänzung des Erlebens, wie etwa die Darstellung des Funktionsprinzips auf einem Bildschirm neben einem Rasterkraftmikroskop



**Abb. 2:** Dialogstation »Talking Heads« in der Ausstellung Nano- und Biotechnologie im Deutschen Museum in München: Die Protagonisten erzählen von ihrem medizinischen Problem und erbitten von den Besucherinnen und Besuchern eine Entscheidung, ob sie einen Gentest machen sollen. (Foto: Deutsches Museum)

in einem Museum. In welcher Rolle ein Medium eingesetzt wird, hängt somit immer von den gegebenen Rahmenbedingungen ab, wobei an außerschulischen Lernorten meist der ergänzende Charakter vorherrscht.

Petko (2014) definiert für den Einsatz von Medien im (Schul-)Unterricht fünf zentrale Funktionsbereiche, die er im didaktischen Dreieck verortet: Medien als Informations- und Präsentationsmittel, Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben, Medien als Werkzeug und Arbeitsmittel, Medien zur Lernberatung und Kommunikation, Medien zur Prüfung und Beurteilung (s. Kapitel 1, S. 14, Kapitel 4, S. 98 und Kapitel 6, S. 175). Petkos Modell wurde für die Beschreibung des Einsatzes von digitalen Medien im Schulunterricht geschaffen. Dennoch eignet es sich auch dazu, den Einsatz von Medien an außerschulischen Lernorten zu beschreiben, sowohl digitaler als auch klassischer Medien. Im Folgenden wird entlang der Funktionsbereiche von Petko der Medieneinsatz an außerschulischen Lernorten beschrieben und anhand von ausgewählten Beispielen illustriert.

## Medien als Informations- und Präsentationsmittel

Das Präsentieren von Inhalten ist auch an außerschulischen Lernorten eine der häufigsten Nutzungen von Medien: Die Einführung ins Schülerlabor wird auf einem interaktiven Whiteboard präsentiert; Schülerinnen und Schüler zeigen eine PowerPoint-Präsentation, um ihre Versuchsergebnisse vorzustellen; ein Bildschirm zeigt das Funktionsprinzip eines Rasterkraftmikroskops in einer Ausstellung; ein Museum präsentiert ausgewählte Objekte auf der Internetseite des Museums. Typische Ziele sind eine schnelle und strukturierte Vermittlung von Informationen sowie das Anregen einer weiteren Beschäftigung mit dem Thema (etwa durch den Besuch eines Museums).

Auch das Recherchieren von Informationen ist häufig zentraler Bestandteil eines Besuchs am außerschulischen Lernort, entweder im Rahmen der Vor- und Nachbereitung oder während des Besuchs selbst: Schülerinnen und Schüler lesen während eines Schülerlaborbesuchs ausgewählte wissenschaftliche Veröffentlichungen, um die Ergebnisse ihres eigenen Versuchs mit »echten« wissenschaftlichen Daten abzugleichen; Lehrende informieren sich vor einem Schülerlaborbesuch auf der Webseite über die geforderten Voraussetzungen; Besucherinnen und Besucher eines Museums lesen im Ruhebereich einer Ausstellung dort ausliegende populärwissenschaftliche Magazine zum Thema. Typische Ziele sind die Vorbereitung eines Besuches, das Vertiefen der am außerschulischen Lernort dargebotenen Inhalte, die Herstellung eines Alltagsbezugs oder die Integration weiterer Blickwinkel.

## Medien zur Gestaltung von Lernaufgaben

Außerschulische Lernorte stellen komplexe Informationsumwelten dar, die die Nutzer vor die Herausforderung stellen, viele kleinere Informationseinheiten zu einem größeren Bild zusammenzufügen. Dies betrifft insbesondere Museen und Ausstellungen, die heute üblicherweise als »Free choice«-Angebot gestaltet sind und so keinen explizit didaktischen Aufbau (»roter Faden«) erkennen lassen (z. B. Bedford, 2014). Aber auch in Schülerlaboren spielt die Orientierung und Verknüpfung des erworbenen Wissens, beispielsweise von verschiedenen Experimentierstationen, eine wichtige Rolle. Nicht zu-





**Abb. 3:** Prototyp eines Multimedia-Guides für das Zentrum Neue Technologien im Deutschen Museum in München: Besucherinnen und Besucher werden mit einem Smartphone durch die Ausstellung geleitet, ein System zur Positionsorientierung unterstützt das Auffinden der zentralen Exponate. (Foto: Lorenz Kampschulte)

letzt können geeignete Medien auch die Selbstregulation der Lernenden unterstützen. Insgesamt zielen die Medien dabei darauf ab, ein »größeres Bild« des Themas zu vermitteln: Der Infolyer eines Museums zeigt anhand von Raumplänen und Farbcodierungen, welche Ausstellungen thematisch zusammenhängen; Besucherinnen und Besucher werden mithilfe eines Multimedia-Guides entlang zentraler Exponate systematisch durch das Thema einer Ausstellung geführt (Abb. 3); im Schülerlabor erhalten die Schülerinnen und Schüler zusätzlich zu den Arbeitsblättern einen Laufzettel, auf dem nicht nur die verschiedenen Stationen eingezeichnet sind, sondern auch die zentralen Erkenntnisse jeder Station von ihnen selbst eingetragen werden. Typische Ziele sind die Unterstützung der Planung eines Besuchs, die Vereinfachung der Orientierung (und damit Verringerung der Arbeitsgedächtnisbelastung, s. Abschnitt »Medieneinsatz an der Schnittstelle zwischen schulischem und außerschulischem Lernort«, S. 158) und die Erschließung von Zusammenhän-

gen der Angebote, um einen größeren Kontext zu erfassen (für den Museumsbereich s. Schwan, 2005).

Aufgrund des üblicherweise sehr heterogenen Publikums spielt die Adaption der Inhalte an die jeweilige Nutzerin oder den jeweiligen Nutzer im Bereich der Museen eine zentrale Rolle, aber auch in anderen außerschulischen Lernorten gibt es die Möglichkeit anpassbarer Abläufe und Inhalte, die oft über Medien realisiert werden: Schülerinnen und Schüler einer schneller arbeitenden Gruppe im Schülerlabor bekommen zusätzliche Transferaufgaben gestellt; in einer Ausstellung gibt es eine zweite Textebene, die die ausgestellten Objekte und Themen für eine andere Zielgruppe (z. B. für Kinder oder in leichter Sprache) erklärt; über eine ergänzende Medienstation werden den Ausstellungsbesuchern zusätzliche tiefer gehende Informationen angeboten, die für spezielle (Fach-)Zielgruppen relevant sind; ein gedruckter Ausstellungskatalog enthält mehrere wissenschaftliche Beiträge und ermöglicht so die weitere Vertiefung des Themas. Typisches Ziel ist hier, mithilfe von Medien das Angebot an unterschiedliche Zielgruppen anzupassen, ohne es grundsätzlich umzustrukturieren, wobei ein zu mächtiges Unterstützungssystem auch schnell den explorativen Charakter der Lernorte unterwandern kann (Yoon et al., 2013).

Auch das Restituieren von Objekten ist ein typisches Einsatzfeld von Medien im Bereich der Museen. Wird ein Objekt in einem Museum ausgestellt, fehlt ihm in der Regel zunächst jeglicher natürlicher Kontext oder Verwendungszusammenhang. Üblicherweise werden die Objekte nach systematischen Gesichtspunkten gruppiert, sodass z. B. Radiogeräte verschiedener Epochen unmittelbar nebeneinanderstehen (Schwan, 2005). Um den zeitgeschichtlichen Kontext ebenfalls zu vermitteln, werden die Objekte mithilfe von Medien um ihren ursprünglichen Zusammenhang ergänzt. Auch wenn dies ein typisches Feld der Ausstellungsgestaltung ist, findet sich eine Kontextualisierung auch im Bereich anderer außerschulischer Lernorte wieder: In einer Ausstellung zum Thema Raumfahrt wird die Replik eines Mondautos gezeigt, ergänzt um ein Diorama der Mondlandung, um die Einsatzumgebung und Größenverhältnisse zu verdeutlichen (Abb. 4); in einem authentisch nachgebauten Steuerungsstand können Besucherinnen und Besucher mit einem Tiefsee-Roboter auf virtuelle Tauchfahrt gehen; das Schülerlabor einer Universität ist unmittelbar angrenzend an die Forschungslabore gebaut,



**Abb. 4:** Diorama »Mondlandung der Apollo 15-Mission« (1971) im Deutschen Museum in München: Das gegenüber dem Diorama ausgestellte Mondauto wird so im Kontext seiner Einsatzumgebung gezeigt. (Foto: Deutsches Museum)

sodass die Schülerinnen und Schüler während des Besuchs durch die Fenster die realen Forscherinnen und Forscher bei der Arbeit beobachten können. Typische Ziele sind die Anbindung des jeweiligen Objekts oder Vorgangs an seinen ursprünglichen Kontext, um ein besseres Verständnis der Situation und der Abläufe zu schaffen und gegebenenfalls eine dauerhaftere Erinnerung an das Thema zu generieren.

#### Medien als Werkzeug und Arbeitsmittel

Das Erstellen, Bearbeiten und Dokumentieren von Inhalten zählt zu den klassischen Tätigkeiten während des Besuchs eines außerschulischen Lernorts: Schülerinnen und Schüler füllen während eines Schülerlaborbesuchs Arbeitsblätter zur Dokumentation ihrer Versuche aus; während eines Museumsbesuchs dreht die Schulklasse einen Film über die Ausstellung, um diesen später auf der Internetseite der Schule zu präsentieren; eine Museumsbesucherin

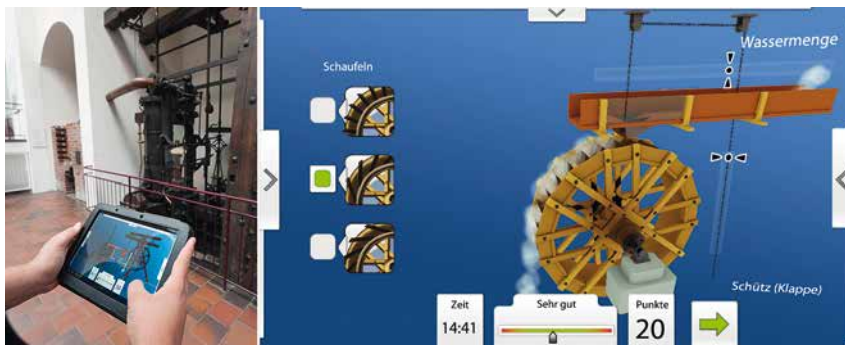
macht mit ihrem Smartphone Bilder von Objekten in einer Ausstellung. Typische Ziele sind die Aktivierung von Vorwissen, eine Fokussierung der Beschäftigung mit dem Thema, das Erstellen einer Erinnerungshilfe sowie die Generierung von Artefakten zur Weiternutzung in anderen Projekten.

Für Schülerlabore ist das Experimentieren und Durchführen von Messungen die klassische Funktion des Medieneinsatzes, aber auch in Museen und Science Centern sind diese Aktivitäten oft anzutreffen: Schülerinnen und Schüler führen eigenständig ein Experiment im Schülerlabor durch; mit einem Rasterkraftmikroskop untersuchen sie unter Anleitung die Oberfläche einer mitgebrachten Probe; mit einem Tablet nehmen die Schülerinnen und Schüler ein Video einer auf einer schrägen Ebene rollenden Kugel auf und analysieren anschließend mit dem Programm Viana<sup>2</sup> die Beschleunigung; an einer Hands-on-Demonstration können Besucherinnen und Besucher die Kräfte von Magnetfeldern mit eigenen Händen erfahren. Typische Ziele sind durch die praktische Tätigkeit Fachwissen, aber vor allem auch experimentelle Kompetenzen aufzubauen, (authentische) Einblicke in die Forschung und das Berufsfeld Wissenschaft zu geben sowie durch die direkte Interaktion mit den Objekten körperliche Wahrnehmung zu ermöglichen und so naturwissenschaftlich-technische Phänomene begreifbar zu machen.

Eng verwandt mit dem Experimentieren ist der Bereich Simulieren und Modellieren, quasi als digitale Variante bzw. Ergänzung des Experiments. Durch die breite Verfügbarkeit im Internet finden heute auch viele solcher Anwendungen Einzug in den normalen Unterricht, dennoch sind sie weiterhin auch zentraler Bestandteil der Angebote außerschulischer Lernorte, besonders, wenn sie auf aufwendiger Technik aufbauen (Hochleistungsrechner, Touchtische ...): Schülerinnen und Schüler entwickeln ein Experiment mithilfe eines virtuellen Labors, um es dann anschließend als reales Experiment im Schülerlabor durchzuführen; mithilfe eines interaktiven Spiels können sich Besucherinnen und Besucher in einer Ausstellung über nachhaltige Fischerei informieren; im Rahmen einer Tablet-gestützten Führung zum Thema Energie simulieren Schülerinnen und Schüler verschiedene Konfigurationen eines Wasserrades (Zufluss, Schaufelform ...), um den optimalen Wirkungsgrad auszuloten (Abb. 5). Typisches Ziel ist eine vertiefende Exploration komple-

---

2 [www.viananet.de](http://www.viananet.de)



**Abb. 5:** Tablet-Führung für Schulklassen im Deutschen Museum in München: Die Integration von Simulationen soll das Verständnis für die Funktionsweise der Maschinen und die zugrunde liegenden Zusammenhänge verbessern. (Foto: Deutsches Museum)

xerer Zusammenhänge durch den Nutzer und damit die Entwicklung eines besseren Verständnisses dieser (im Sinne des entdeckenden Lernens: Schwan, 2005).

### Medien zur Lernberatung und Kommunikation

An außerschulischen Lernorten steht in der Regel die direkte (persönliche) Kommunikation im Vordergrund. Dennoch können Medien die Funktion ergänzen, sei es eine (zeitlich versetzte) Kommunikation unter den Besucherinnen und Besuchern selbst oder deren Kommunikation mit der Außenwelt: Bei einer Stadtrallye tauschen sich die einzelnen Schülergruppen mittels WhatsApp über den aktuellen Bearbeitungsstand aus; Besucherinnen und Besucher schreiben während eines Ausstellungsbesuchs ihre Gedanken zu einem Thema auf einen Papierzettel und hinterlassen die Botschaft den nachfolgenden Besuchern (Abb. 6); ein Museumsbesucher postet ein besonders kuriozes Exponat auf Facebook. Typische Ziele sind die Anregung der Interaktion und Stimulierung der Diskussion zwischen den Teilnehmenden bzw. zwischen den Teilnehmenden und unbeteiligten Personen.



**Abb. 6:** Papierblumenfeld in der Sonderausstellung »Willkommen im Anthropozän« im Deutschen Museum: Besucherinnen und Besucher schreiben während eines Ausstellungsbesuchs ihre Gedanken auf einen bunten Papierzettel und hinterlassen die Botschaft als Papierblume gefaltet den nachfolgenden Besuchern. (Foto: Lorenz Kampschulte)

### Medien zur Prüfung und Beurteilung

Funktionen wie das Üben, das Trainieren und Überprüfen des aktuellen Leistungsstandes sind im Bereich außerschulischer Lernorte eher selten anzutreffen: Am Beginn eines Arbeitsblatts für einen Versuch im Schülerlabor finden sich einige Fragen zum richtigen Umgang mit Gefahrstoffen; am Ende eines Museumsbesuchs bearbeiten die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen ein kurzes Online-Quiz. Typische Ziele sind die Aktivierung von Vorwissen sowie die Förderung einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Thema durch die nachgelagerte Testsituation (für weitere Beispiele s. Kapitel 4, S. 98).

Die aufgeführten Beispiele geben einen Überblick über die Einsatzbreite von Medien an außerschulischen Lernorten. Letztendlich kommt es aber auch hier wie im Schulunterricht immer auf eine gute Passung von zu vermitteln-

dem Inhalt und gegebenen Rahmenbedingungen an (s. Kapitel 6, S. 175). Petko unterstreicht die Relevanz einer sinnvollen Einbindung der Medien in den didaktischen Rahmen des Unterrichts: »Denn Medieneinsatz an sich ist noch kein Element zur Förderung von Unterrichtsqualität. Erst wenn Medien gut gemacht sind und sinnvoll eingesetzt werden, sodass dies zur Verbesserung einer dieser Unterrichtsdimensionen [aus dem Didaktischen Dreieck] beiträgt, ist ein Medieneinsatz im Unterricht wirklich sinnvoll.« (Petko, 2014, S. 117) Sinngemäß gilt dies auch für den Medieneinsatz an außerschulischen Lernorten.

Im folgenden Abschnitt soll aufgezeigt werden, wie Medien dabei helfen können, die Verknüpfung zwischen schulischen und außerschulischen Lernorten zu stärken. Ziel ist es dabei, die Fachinformationen sinnvoll einzubetten, zu konservieren und mit konkreten persönlichen Erfahrungen am außerschulischen Lernort zu verknüpfen.

## MEDIENEINSATZ AN DER SCHNITTSTELLE ZWISCHEN SCHULISCHEM UND AUSSERSCHULISCHEM LERNORT

Wie wichtig eine intensive Vor- und Nachbereitung für die Nachhaltigkeit des Besuchs eines außerschulischen Lernorts ist, wurde bereits in der Einleitung aufgezeigt. Hierbei ist eine enge Abstimmung zwischen Schule und außerschulischem Lernort wesentlich, um den Schülerinnen und Schülern ein kohärentes Lernerlebnis zu ermöglichen. Das fordert auf der einen Seite natürlich die Lehrkräfte, die sich mit dem Besuch vorab und intensiv befassen müssen, um eine möglichst nahtlose Integration zu ermöglichen. Zum anderen sind aber auch die außerschulischen Lernorte in der Pflicht, die Lehrkräfte so zu unterstützen, dass die Vorbereitung mit überschaubarem Aufwand möglich ist: Dies reicht von umfassenden Informationen zum Angebot des außerschulischen Lernorts über passgenaue Materialien zur Vor- und Nachbereitung (für Lehrkräfte und Lernende) bis hin zu Lehrendenfortbildungen, die neben den thematischen Inhalten auch das kohärente Lernerlebnis ins Zentrum stellen.

Ziel der Vorbereitung ist es, die Schülerinnen und Schüler in die Lage zu

versetzen, das Angebot am außerschulischen Lernort bestmöglich zu nutzen. Dabei spielen nicht nur Faktoren wie ein adäquates Fachwissen zur Bewältigung der am außerschulischen Lernort gestellten Aufgaben (z. B. selbstständiges Experimentieren) eine Rolle, sondern auch die Aktivierung des Vorwissens, um Anbindungsmöglichkeiten an bestehendes Wissen und Alltagserfahrungen zu ermöglichen. Zudem kann eine gute organisatorische Vorbereitung dabei unterstützen, die zusätzliche »kognitive Last«, die durch den ungewohnten neuen Lernort entsteht, zu reduzieren (Priemer & Lewalter 2009). In der Praxis könnte dies zum Beispiel bedeuten, dass die Themen, die am außerschulischen Lernort relevant sind, intensiver bearbeitet werden, Hypothesen generiert und Fragen erarbeitet werden, die es dann am außerschulischen Lernort zu beantworten gilt. Auf organisatorischer Seite bilden ein Zeit- und Raumplan sowie Bilder des außerschulischen Lernorts eine Strukturierungshilfe für die Schülerinnen und Schüler. Die Vorbereitung kann entweder direkt vom Lehrenden organisiert werden oder auf Materialien basieren, die vom außerschulischen Lernort bereitgestellt werden, wie z. B. Informationsmaterial, Arbeitsblätter oder auch Experimentierkästen, die vorab an die Schule geschickt werden.

Ziel der Nachbereitung ist es, die am außerschulischen Lernort gemachten Erfahrungen zu vertiefen und zu sichern. Dies kann durch gemeinsame Diskussionen, Gruppenarbeitsaufträge oder Präsentationen, wie z. B. von den Schülerinnen und Schülern erstellte Poster oder kleine Ausstellungen an der Schule, geschehen.

Sowohl an der Schnittstelle zwischen Vorbereitung und außerschulischem Lernort als auch an der Schnittstelle zwischen außerschulischem Lernort und Nachbereitung bietet sich eine Unterstützung durch verschiedene Medien an, sodass für die Schülerinnen und Schüler die Verbindung zwischen den Einheiten klarer greifbar und die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsphase direkt in die folgende Phase mitgenommen werden. So könnten z. B. Fragen, die in der Vorbereitung erarbeitet wurden, auf Arbeitsblättern gesammelt und zum außerschulischen Lernort mitgenommen werden, dort weiterbearbeitet und idealerweise durch die Aktivität oder das Personal vor Ort beantwortet werden. Weiterhin sammeln die Schülerinnen und Schüler während der Aktivität weiteres Material wie z. B. selbst gemachte Fotos, Skizzen oder auch Arbeitsprodukte der Experimente, die sie dann zur Nachbereitung



wieder zurück in die Schule mitnehmen. Dort werden in einer Gruppendiskussion die Fragen aus der Vorbereitung, die am außerschulischen Lernort gesammelten Antworten und gegebenenfalls offene Punkte diskutiert. Anschließend werden in Gruppenarbeit Poster entwickelt, die die wichtigsten Fragestellungen aufgreifen und anhand der gesammelten Fotos, Skizzen und Materialien beantworten. Über die Präsentation der Poster an der Schule wird der Besuch des außerschulischen Lernorts auch für weitere Schülerinnen und Schüler erlebbar, was wiederum die Nachhaltigkeit erhöht.

Ausgehend vom Medium selbst, sollen im folgenden Abschnitt einige Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie Medien an den Schnittstellen zwischen schulischer Vorbereitung und dem Besuch des außerschulischen Lernorts sowie zwischen dem Lernort und der Nachbereitung unterstützend wirken können. Im Vergleich zum Einsatz am außerschulischen Lernort selbst (s. Abschnitt »Medieneinsatz an außerschulischen Lernorten«, S. 149) unterscheiden sich die Funktionen der Medien allerdings, wenn diese an der Schnittstelle eingesetzt werden. Im Folgenden sollen daher die wichtigsten Funktionen beim Einsatz an der Schnittstelle kurz charakterisiert werden (die Kurzbezeichnung in Klammern wird bei den folgenden Beispielen zur Bezeichnung der Funktion genutzt):

- Orientierung am Lernort (FKT Orientierung): Unterstützung der (räumlichen) Orientierung am Lernort, etwa Raumpläne und Zeitangaben zu Vorführungen;
- Besuchsplanung (FKT Besuchsplanung): Materialien, die den Besuch des außerschulischen Lernorts inhaltlich vorbereiten, zum Beispiel vorab ausgehändigte Experimentieranleitungen oder Beobachtungsaufgaben;
- Aktivierung von Vorwissen (FKT Vorwissen): Aufgaben, die gezielt das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aktivieren sollen, etwa das Entwickeln von Fragestellungen, die dann in der Ausstellung beantwortet werden sollen;
- Herstellen von Alltagsbezug (FKT Alltagsbezug): Aufgaben, die einen Bezug zum Alltag der Schülerinnen und Schüler herstellen, etwa das Sammeln von Proben bei den Schülerinnen und Schülern zu Hause, um sie anschließend am außerschulischen Lernort zu untersuchen;
- Unterstützung der Erinnerung (FKT Erinnerung): Schaffen von Erinnerungs-

- momenten (»cognitive anchors«), zum Beispiel durch das Fotografieren von Sammlungsobjekten oder das Mitnehmen von Analyseergebnissen;
- Weiterarbeit mit dem Ausgangsmaterial (FKT Weiterarbeit): Material zur Weiterarbeit im Schulunterricht bzw. an anderen Lernorten, etwa Datensätze zur weiteren Auswertung oder Analyseergebnisse zur Präsentation in einer Ausstellung an der Schule.

Die Möglichkeiten des Einsatzes der Medien an der Schnittstelle und deren Anwendbarkeit in der Praxis hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab: Was kann das Medium bezüglich der gewünschten Funktion leisten? Wird die Möglichkeit vom außerschulischen Lernort bereitgestellt? Passt die Möglichkeit zur Klassenstufe? Kann die Möglichkeit in einer Schule überhaupt sinnvoll genutzt werden? Welchen Aufwand bedeutet die Nutzung? Wie etabliert ist der Einsatz des Mediums? Im Folgenden werden aus der Perspektive der Medien kurz die Funktionen skizziert, die mit dem jeweiligen Medium umgesetzt werden können. Bei den Beispielen sind die oben gelisteten Funktionen von Medien in Klammern angegeben (z. B. »FKT Alltagsbezug«). Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie soll vielmehr die große Bandbreite an Möglichkeiten aufzeigen, die für die Bedienung der Schnittstellen zur Verfügung stehen, und Anregungen liefern, diese zu nutzen oder neue zu entwickeln.

## Papier

Arbeitsmaterialien aus Papier sind die bis heute wohl am häufigsten genutzte Variante, um die Schnittstellen zu bedienen: An der Schnittstelle zwischen Vorbereitung und dem außerschulischen Lernort können dies zum Beispiel Arbeitsblätter sein, die entweder vom Lehrenden zusammengestellt oder vom außerschulischen Lernort zur Vorbereitung des Besuchs ausgegeben werden. Darauf werden etwa Fragestellungen für den Besuch entwickelt (FKT Vorwissen), Routen am außerschulischen Lernort erarbeitet (FKT Orientierung), Beobachtungsaufgaben oder Experimente geplant (FKT Besuchsplanung), die dann selbstständig am Lernort durchgeführt werden. Auch Spiele, wie Rätsel, sind denkbar, die zum Teil durch Recherche im Rahmen der Vorbereitung

(FKT Vorwissen), zum anderen Teil durch den Besuch des außerschulischen Lernorts gelöst werden. Beim Einsatz einer vom außerschulischen Lernort zur Verfügung gestellten Experimentierbox zur Vorbereitung (z. B. Hickmann & Schwarzer, 2015) könnten die Arbeitsmaterialien auch Versuchsprotokolle oder -ergebnisse sein, die am Lernort diskutiert werden (FKT Vorwissen).

Für die Nachbereitung des Besuchs im Unterricht ist es durchaus üblich, papierbasierte Materialien vom außerschulischen Lernort mitzunehmen. Dies können zum Beispiel im Rahmen eines Schülerlaborbesuchs bearbeitete Versuchsbeschreibungen, -protokolle oder Analyseergebnisse (ausgedruckte mikroskopische Bilder oder NMR-Spektren) sein (FKT Erinnerung). Auch in Museen werden in den Gruppen-/Eigenarbeitsphasen eines Besuchs oft Materialien be-/erarbeitet, etwa fragengeleitete Rundgänge durch eine Ausstellung (wie z. B. die Forscherbögen des Deutschen Museums<sup>3</sup>) oder die Vervollständigung von Skizzen antiker Büsten in einer Antikensammlung (FKT Erinnerung/Weiterarbeit). Auf diese Materialien lässt sich in der Nachbereitung zurückgreifen und so eine engere Vernetzung zum Besuch herstellen.

### Reale Artefakte

Eine weitere Möglichkeit, die Schnittstellen zu überbrücken, ist der direkte Transfer von realen Objekten zwischen den Lernorten: Im Rahmen der Vorbereitung ist es beispielsweise möglich, dass Schülerinnen und Schüler vor dem Besuch des außerschulischen Lernorts in der Schule einfache Experimente durchführen (analog der oben beschriebenen Experimentierbox) und die Ergebnisse der Experimente zur weiteren Analyse (etwa mit hochauflösenden Mikroskopietechniken oder NMR) mit ins Schülerlabor bringen (FKT Vorwissen). Ebenso ist die Untersuchung von Materialproben am außerschulischen Lernort denkbar, die von den Schülerinnen und Schülern gesammelt wurden, etwa Sedimentproben vom Strand oder aus Flüssen zur Analyse auf Mikroplastikpartikel oder generell Kunststoffproben zur Materialbestimmung (FKT Alltagsbezug). Hierbei wird auf die am außerschulischen Lernort vorhandene aufwendige Analytik, die in Schulen üblicherweise nicht anzu-

---

3 [www.deutsches-museum.de/kids/kids/ausstellungen/forscherboegen/#c125041](http://www.deutsches-museum.de/kids/kids/ausstellungen/forscherboegen/#c125041)

treffen ist, zurückgegriffen (etwa Rasterelektronenmikroskope, Rasterkraftmikroskope oder chemische Analytik wie EDX oder NMR) und gleichzeitig durch die eigenen Proben ein starker lokaler Bezug aufgebaut. Zudem können die Ergebnisse am außerschulischen Lernort mit Fachleuten diskutiert und bewertet werden.

Zur Nachbereitung können Produkte, die während des Besuchs des außerschulischen Lernorts entstanden sind, ihren Weg in die Schule finden. Bei einem Schülerlaborbesuch sind das zum Beispiel Ergebnisse der Versuche im Labor, etwa selbst hergestellte Nanopartikel oder beschichtete hydrophobe/hydrophile Oberflächen (Bethke et al., 2017), die zur Nachbereitung genutzt (FKT Erinnerung) und anschließend in einer schülerkuratierten Ausstellung an der Schule gezeigt werden (FKT Weiterarbeit). Auf einer Exkursion können gezielt Bodenproben von verschiedenen Vegetationsbereichen gesammelt (FKT Alltagsbezug) und zur Nachbereitung in der Schule analysiert werden (FKT Weiterarbeit). Beim Besuch einer Experimentierwerkstatt (»TinkerSpace«) oder eines Fabrikationslabors (»FabLab«, »Makerspace«) ist denkbar, dass dort entwickelte und gebaute Objekte die Brücke zurück in die Schule bilden, von einfachen, selbst konstruierten Maschinen aus dem TinkerSpace bis hin zu selbst hergestellten 3-D-gedruckten Modellen aus dem FabLab (FKT Weiterarbeit). Im Bereich der Museen besteht die Möglichkeit, dass Schulen temporär eine kleine, thematisch relevante Exponatsammlung zur Verfügung gestellt wird, mit deren Hilfe die Schülerinnen und Schüler im Nachgang des Museumsbesuchs eine Ausstellung an der Schule aufbauen können (FKT Weiterarbeit), was den Bezug zum Thema und die Verbindung zwischen Schule und außerschulischem Lernort weiter stärkt.

### Digitale Artefakte

Um vorab in der Schule aufbereitete Daten am außerschulischen Lernort einzusetzen oder umgekehrt die Daten des außerschulischen Lernorts wieder zurück in die Schule zu transferieren, bietet sich der Austausch in digitaler Form an, z. B. mit einem USB-Stick oder über eine Plattform zum Datenaustausch.

Im Rahmen der Vorbereitung können das zum Beispiel Citizen-Science-ähnliche Projekte sein, bei denen Messungen von den Schülerinnen und Schü-

lern durchgeführt und Daten erhoben werden (FKT Alltagsbezug). Die Analyse der Daten, etwa die wissenschaftliche Kategorisierung oder der Abgleich mit bestehenden Datensätzen, geschieht dann gemeinsam mit (wissenschaftlichem) Personal am außerschulischen Lernort.

Umgekehrt können diese Datensätze dann zur Nachbereitung und weiteren Vervollständigung wieder zurück mit an die Schule gehen, um dort mit denselben Kategorisierungsmustern weitergeführt zu werden (FKT Erinnerung/Weiterarbeit). Ein anderes Beispiel ist die Weiternutzung von Daten, die bei digitalen Führungsangeboten entstanden sind, etwa die Schüler-Tablet-Führung »Energie interaktiv« am Deutschen Museum<sup>4</sup> (FKT Erinnerung). Dort bekommen die Klassen die digitale Auswertung der Quizzes, die bearbeiteten Aufgaben sowie die optimierten Simulationen als Datensatz auf einem USB-Stick mit zur Nachbereitung. Auch bei mikroskopischen und chemischen Analysen ist ein digitaler Transfer der Ergebnisse sinnvoll: Zum einen können Messungen dann auch in der Nachbereitung detaillierter analysiert werden – beispielsweise mit einem Rasterkraftmikroskop gemessene Topografiedaten einer Oberfläche (FKT Erinnerung) –, zum anderen ist die Druckqualität – sollten die Ergebnisse zur Nachbereitung auf Postern oder in einer schülerkuratierten Ausstellung präsentiert werden – deutlich besser (FKT Weiterarbeit).

## Website

Eine gut strukturierte und inhaltlich umfassende Website des außerschulischen Lernorts bietet gute Möglichkeiten zur gezielten Vor- und Nachbereitung eines Besuchs: Viele (Sonder-)Ausstellungen bieten ihren Besucherinnen und Besuchern standardmäßig eine ausführliche Website, die auch im Rahmen der schulischen Vorbereitung genutzt werden kann. So lassen sich Leitthemen der Ausstellung vorab herausfiltern und gezielt Fragestellungen zur Beantwortung in der Ausstellung erarbeiten (FKT Vorwissen/Besuchsplanung). Auch unterstützt eine durch die Exploration der Website bereits bekannte Ausstellung (Renderings, Fotos, Filme und /oder Pläne) Schülerinnen

---

4 [www.deutsches-museum.de/angebote/schule-im-museum/zu-buchen/programme/mittelschule/#c96846](http://www.deutsches-museum.de/angebote/schule-im-museum/zu-buchen/programme/mittelschule/#c96846)

und Schüler dabei, sich in der realen Ausstellung besser zu orientieren (FKT Orientierung), was im Sinne des Autonomieerlebens wiederum die Motivation der Schülerinnen und Schüler beeinflusst (Decy & Ryan, 1993).

Auch bei der Nachbereitung kann eine Website zentrale Aufgaben übernehmen. Beim GMRI – X.fish lab in Maine versuchen die Schülerinnen und Schüler, nach einer Einstiegssequenz mit einem immersiven Film an vier interaktiven Stationen das Rätsel des mysteriösen X-Fisches in Kleingruppen zu lösen. Nach Bearbeitung aller vier Stationen ist das Rätsel aber noch nicht gelöst, sondern es wird als Schülerdiskussion in der Nachbereitungsphase auf einer gruppeninternen Webseite fortgeführt (FKT Weiterarbeit). Schülerinnen und Schüler tauschen sich aus, untersuchen weitere Literaturquellen und diskutieren online mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des GMRI – X.fish lab, sodass sie am Ende die Erfahrungen gut dokumentiert haben und das Rätsel lösen können (Fenichel & Schweingruber, 2010).

In verschiedenen Ausstellungen können Besucherinnen und Besucher heute »Objekte sammeln«, z. B. über RFID-Tags im Darwin Centre des Natural History Museum in London (Barry, 2010), und sich nach dem Besuch ihre personalisierte Ausstellung auf einer Webseite noch einmal in Ruhe ansehen und ggf. weiter ergänzen. Auch diese Systeme lassen sich für den Besuch mit Schulklassen nutzen, z. B. um in Gruppenarbeit gezielt thematisch orientierte Sammlungen aufzubauen und im Rahmen der Nachbereitung weiter zu dokumentieren (FKT Erinnerung/Weiterarbeit). Diese Aktivitäten lassen sich nicht nur über spezialisierte Website-Angebote der außerschulischen Lernorte realisieren, sondern ebenso über schulische Lernplattformen (siehe unten).

## Lernplattform

Online-Lernplattformen wie Moodle<sup>5</sup>, Mahara<sup>6</sup> oder Edmodo<sup>7</sup> bieten nicht nur die Option, innerhalb des Unterrichts und zwischen den Fächern Vernetzungen aufzubauen und die Zusammenarbeit zwischen Schülerinnen und Schü-

---

5 [www.moodle.org](http://www.moodle.org)

6 [www.mahara.org](http://www.mahara.org)

7 [www.edmodo.com](http://www.edmodo.com)

lern zu fördern, sondern ebenso die Option, Besuche an außerschulischen Lernorten einzubinden. Ähnlich wie bei Arbeitsblättern aus Papier, können auf einer Lernplattform vor dem Besuch Fragen entwickelt, diskutiert und für den Besuch dokumentiert werden (FKT Vorwissen). Im Rahmen der Vorbereitung entstandene Datensammlungen können auf der digitalen Plattform gesammelt (FKT Alltagsbezug) und später strukturiert werden (FKT Weiterarbeit; Schanze & Kampschulte, 2015). Nebenbei können digitale Arbeitsmaterialien der außerschulischen Lernorte in die Plattform eingebunden und den Schülerinnen und Schülern zur Recherche bzw. Bearbeitung bereitgestellt werden.

Während eines Besuchs des außerschulischen Lernortes bietet es sich an, in Ausstellungen oder im Schülerlabor Informationen zum Beispiel mit Smartphones zu sammeln (etwa Fotos von Objekten oder Versuchsaufbauten, Notizen, Skizzen, Objektbeschreibungen) und direkt auf die Plattform hochzuladen. Während der Nachbearbeitung können die Daten kollaborativ weiter vervollständigt, strukturiert und präsentationsgerecht aufgearbeitet werden (FKT Erinnerung). Zur Präsentation der Ergebnisse kann in den meisten Lernplattformen direkt gemeinsam eine Webseite mit den eigenen Inhalten erstellt und mit unterschiedlichen Reichweiten (Klasse/Schule/ganz öffentlich) veröffentlicht werden (FKT Weiterarbeit).

### Videokonferenz

Eine weitere Option ist ein Austausch auf personeller Ebene zwischen Schule und außerschulischem Lernort zur Vor- und /oder Nachbereitung des Besuchs: Zur Vorbereitung kann hierfür beispielsweise eine gemeinsame Videokonferenz in der Klasse mit einer Mitarbeiterin oder einem Mitarbeiter des außerschulischen Lernorts genutzt werden, um den Besuch zu planen. Eine inhaltliche Hinführung an das Thema aus Fachperspektive kann dabei ebenso Bestandteil sein wie die detaillierte Planung des Besuchs entlang den Fragestellungen der Schülerinnen und Schüler (FKT Vorwissen, Besuchsplanung, Orientierung).

Ein direkter Kontakt im Rahmen der Nachbereitung kann dabei unterstützen, offene Fragen zu klären und weitere Impulse zu geben (FKT Erinnerung),

gerade wenn es um die Aufbereitung und Präsentation der Inhalte durch die Schülerinnen und Schüler geht (FKT Weiterarbeit). Analog kann hier auch wieder eine Videokonferenz eingesetzt werden, oder die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des außerschulischen Lernorts (oder auch Forschende) stehen für Rückfragen zu bestimmten Zeiten per Chat oder E-Mail zur Verfügung.

Über den eigentlichen Besuch des Lernortes hinaus gibt es Möglichkeiten, zwischen Schule und außerschulischem Lernort zusammenzuarbeiten. Auch hier können Medien ganz unterschiedliche Rollen einnehmen. So können (mit ausgewählten Klassen) zum Beispiel gemeinsam mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des außerschulischen Lernorts Lernmaterialien für andere Altersstufen entwickelt werden, etwa mit einer Oberstufenklasse eine Führung mit Arbeitsmaterialien für die Unterstufe (FKT Weiterarbeit). Im Sinne des Ansatzes Lernen durch Lehren (Martin, 2000) erarbeiten die Schülerinnen und Schüler die Materialien. Die Lehrenden und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des außerschulischen Lernorts sorgen für eine didaktisch sinnvolle Umsetzung und gewährleisten die fachliche Korrektheit der Materialien. So haben z. B. Schülerinnen und Schüler in Massachusetts eine Sammlung von Schatzsuchen für verschiedene Nationalparks entwickelt, die sie als gesammeltes Handbuch veröffentlicht haben (Munn, 2007).

Eine andere Möglichkeit ist die Entwicklung schülerkuratierter Ausstellungen<sup>8</sup> (Kampschulte & Parchmann, 2015; Kampschulte & Schwarzer, 2015), also Ausstellungen, die von Schülerinnen und Schülern konzipiert und gebaut werden (FKT Weiterarbeit). Dabei können sie von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des außerschulischen Lernorts unterstützt werden. Diese Unterstützung kann zum Beispiel im Rahmen von Workshops (»Wie baue ich eine Ausstellung?«), in Form von leihweise überlassenen Exponatpaketen (Grundstock für die schülerkuratierte Ausstellung) oder sogar in handwerklicher Unterstützung beim eigentlichen Bau der Ausstellung geschehen. Schülerkuratierte Ausstellungen ermöglichen nicht nur eine längerfristige und intensive Beschäftigung mit dem Thema und damit potenziell eine bessere (Lern-) Wirksamkeit für die bauenden Schülerinnen und Schüler, sondern fördern gleichzeitig fachliche, kreative, handwerkliche und organisatorische Kompetenzen (Kampschulte & Parchmann, 2015). Zudem werden durch die selbst-

---

8 [www.exponeer.de](http://www.exponeer.de)



ständige Arbeitsweise (Autonomieerleben), die Arbeit in themen- oder aufgabenspezifischen Gruppen (soziale Eingebundenheit) sowie die Präsentation der Ausstellung vor der Schulgemeinschaft (Kompetenzerleben) drei wichtige motivationsrelevante Faktoren gleichzeitig angesprochen (Decy & Ryan, 1993). Insgesamt verspricht die Präsentation an der Schule eine größere Nachhaltigkeit, da ein viel größerer Kreis an Schülerinnen und Schülern (und ggf. auch Eltern) mit dem Thema in Verbindung kommt. Für den außerschulischen Lernort schafft sie die Möglichkeit, direkt an den Schulen präsent zu sein und so eine engere Beziehung zu den Schulen aufzubauen.

## FAZIT UND AUSBLICK

Insgesamt betrachtet bietet das hohe Motivationspotenzial außerschulischer Lernorte eine günstige Voraussetzung für erfolgreiches Lernen (Erhorn & Schwier, 2016). Eine gründliche Vor- und Nachbereitung des Besuchs am außerschulischen Lernort ist dabei ein wichtiger Einflussfaktor, nicht nur auf die motivationale Wirkung eines Besuchs (Geyer 2008), sondern auch zur Steigerung des Interesses bei den Schülerinnen und Schülern (Glowinski & Bayrhuber, 2011; Itzek-Greulich et al., 2014). Mit Blick auf den Wissenserwerb am außerschulischen Lernort gestaltet sich der Nachweis schwieriger, stellt sich doch vor allem die Frage, welche Lernintention am Lernort vorherrscht: In der Schule liegt diese klar auf dem Neuerwerb von Wissen, der außerschulische Lernort dient eher der Festigung und Integration des bestehenden Wissens, mit einem Fokus auf der Vertiefung, Ausdifferenzierung und Verfeinerung des Gelernten (Falk & Dierking, 1998). Die Zugänglichkeit dieser Faktoren ist bei wissenschaftlichen Studien deutlich schwieriger, was sich auch in den relativ indifferenten Studienergebnissen widerspiegelt. Immerhin konnte in einer schon etwas älteren Meta-Analyse über  $N = 27$  Studien aufgezeigt werden, dass in zwanzig der veröffentlichten Studien ein Lernzuwachs (z. B. in Form von erweitertem Faktenwissen oder tieferem Verständnis der Sachverhalte) nachweisbar war (Koran et al., 1989). Eine neuere Studie von Itzek-Greulich et al. (2015, 2016) zeigt, dass der Lernzuwachs bei einer Gruppe, die eine Kombination aus schulischem Lernen und Schülerlaborbesuch als Treatment-Bedin-

gung hatte, signifikant höher war als bei einer Gruppe, die nur einen Schülerlaborbesuch hatte. Allerdings zeigt sich kein signifikanter Unterschied zu einem Treatment, das nur schulisches Lernen ohne Laborbesuch beinhaltet.

Will man also einen möglichst kohärenten und nachhaltigen Lernprozess sicherstellen, bedeutet dies insgesamt, dass die Lehrkraft deutlich mehr gefordert ist: Es ist nicht nur die eigentliche Vor- und Nachbereitung im Unterricht nötig, sondern auch eine intensive didaktische und organisatorische Planung des Besuchs sowie die Ausarbeitung der Schnittstellen zwischen den Lernorten, gerade auch um ein kohärentes Lernerlebnis für die Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen. Auf der anderen Seite sind natürlich auch die außerschulischen Lernorte gefragt, diese Prozesse bestmöglich zu unterstützen, etwa durch ausführliche Informationen und Materialien zur Vorbereitung des Besuchs, sowohl auf Ebene der Lehrenden (organisatorisch, didaktisch und inhaltlich) als auch auf Ebene der Schülerinnen und Schüler (primär inhaltlich). Zudem sind Lehrendenfortbildungen – wie sie an vielen außerschulischen Lernorten Standard sind – auch ein probates Mittel, um zwischen schulischem und außerschulischem Angebot eine bestmögliche Passung zu erreichen.

Der Abschnitt »Medieneinsatz an der Schnittstelle zwischen schulischem und außerschulischem Lernort« zeigt vielfältige Möglichkeiten auf, um mit Medieneinsatz die Schnittstellen zwischen schulischen und außerschulischen Aktivitäten zu optimieren und so die Vor- und Nachbereitung noch enger mit dem Besuch am außerschulischen Lernort zu verknüpfen. Aus lernpsychologischer Perspektive sind viele der Ansätze Erfolg versprechend, allerdings fehlen hier systematische Untersuchungen in zweierlei Hinsicht: Zum einen stellt sich die Frage, inwieweit diese Potenziale derzeit überhaupt genutzt werden, d. h. in welchem Umfang und mit welchen medialen Ansätzen tatsächlich in der Praxis versucht wird, die Lücke zu schließen. Zum anderen fehlt ein Nachweis, inwiefern die unterschiedlichen Ansätze tatsächlich einen Mehrwert für die Überbrückung der Schnittstellen liefern.

## AUF EINEN BLICK

- Außerschulische Lernorte wie Schülerlabore, Museen oder Science Center können den schulischen Fachunterricht ergänzen.
- An außerschulischen Lernorten findet sich eine große Vielfalt von Medien.
- Die Ergebnisse verschiedener Studien zeigen, dass eine Vor- und Nachbereitung des Besuchs im Schulunterricht wichtig ist, um eine längerfristige Wirkung zu ermöglichen, sowohl in Bezug auf Fachwissen als auch auf Interesse und Motivation.
- Um ein kohärentes Lernerlebnis für die Schülerinnen und Schüler sicherzustellen, ist eine enge Abstimmung zwischen Schule und außerschulischem Lernort wichtig.
- Medien können verschiedene Funktionen an der Schnittstelle zwischen Schule und außerschulischem Lernort übernehmen und so die beiden Lernorte näher zusammenzubringen.

## LITERATUR

- Anderson, D. & Zhang, Z. (2003). Teacher perceptions of field-trip planning and implementation. *Visitor studies today*, 6(3), 6 – 11.
- Barry, A. (2010). NaturePlus – Developing a Personalised Visitor Experience Across the Museum's Virtual and Physical Environments. In Trant, J. & Bearman, D. (Hrsg.), *Museums and the Web 2010: Proceedings*. Toronto: Archives & Museum Informatics. Verfügbar unter: [www.archimuse.com/mw2010/papers/barry/barry.html](http://www.archimuse.com/mw2010/papers/barry/barry.html) (letzter Zugriff: 02.06.2017).
- Bedford, L. (2014). *The Art of Museum Exhibitions: How story and imagination create aesthetic experiences*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press.
- Bethke, C., Adelung, R. & Schwarzer, S. (2017). Generierung einer mikro- und nanostrukturierten Kupferoberfläche mit Lotos-Effekt – Ein Versuch für die Sekundarstufen I und II. *CHEMKON*, 24(1), 31 – 38.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223 – 238.
- Deutsches Museum (2015). *Jahresbericht 2015*. Verfügbar unter: <http://www.deutsches-museum.de/wir-ueber-uns/jahresbericht/> (letzter Zugriff: 11.12.2017).
- DeWitt, J. & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2), 181 – 197.

- Duit, R. & Mikelskis, S. (2007). Kontextorientiert Unterrichten. Wie man es einbettet, so wird es gelernt. *Unterricht Physik*, 18(98), 4–8.
- Erhorn, J. & Schwier, J. (Hrsg.) (2016). *Pädagogik außerschulischer Lernorte. Eine interdisziplinäre Annäherung*. Bielefeld: Transcript.
- European Commission (1995). *White paper on education and training: Teaching and Learning – Towards the Learning Society*. Brüssel. [http://europa.eu/documents/comm/white\\_papers/pdf/com95\\_590\\_en.pdf](http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com95_590_en.pdf) (letzter Zugriff: 02.06.2017).
- Falk, J. H. (2009). *Identity and the museum visitor experience*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (1998). *The museum experience*. Washington, D.C.: Whalesback Books.
- Fenichel, M. & Schweingruber, H. A. (2010). *Surrounded by Science: Learning Science in Informal Environments*. Washington D. C.: National Academies Press.
- Geyer, C. (2008). *Museums- und Science Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive: die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*. Berlin: Logos Verlag.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen*. Universität Kiel.
- Glowinski, I. & Bayrhuber, H. (2011). Student labs on a university campus as a type of out-of-school learning environment: Assessing the potential to promote students' interest in science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6, 371–392.
- Guderian, P. & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2(7), 27–36.
- Hagedorn-Saupe, M., Kampschulte, L. & Noschka-Roos, A. (2013). Informal, Participatory Learning with Interactive Exhibit Settings and Online Services. In K. Drotner & K. Schröder (Hrsg.), *Museum communication and social media – The connected museum* (S. 111–129). New York: Routledge.
- Hawkey, R. (2004). *Learning with digital technologies in museums, science centres and galleries* (A NESTA futurelab research report, No. 9). <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190496/document> (letzter Zugriff: 02.06.2017).
- Herzig, B. & Grafe, S. (2010). Digitale Lernwelten und Schule. In K.-U. Hugger & M. Walber (Hrsg.), *Digitale Lernwelten* (S. 115–127). Wiesbaden: Springer.
- Hickmann, K. & Schwarzer, S. (2015). Nanotechnologie im Alltag – Eine Stationsarbeit. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(1), 35–39.
- Institut für Museumsforschung (2016). *Statistische Gesamterhebung an den Museen der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2015*. Berlin: Institut für Museumskunde.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M. & Trautwein, U. (2014). The impact of a science center outreach lab workshop on German 9th graders' achievement in science. In Constantinou, C. P., Papadouris, N. & Hadjigeorgiou, A. (Hrsg.), *Proceedings of the 10th Conference of the European Science Education Research Association* (S. 97–106).

- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M. & Trautwein, U. (2015). Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? *Learning and Instruction*, 38, 43 – 52.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M. & Trautwein, U. (2016). Effectiveness of Lab-Work Learning Environments In and Out of School: A Cluster Randomized Study. *Contemporary Educational Psychology*, 48, 98 – 115.
- Kampschulte, L. & Parchman, I. (2015). The student-curated exhibition – A new approach to getting in touch with science. *LUMAT*, 3(4), 462 – 482.
- Kampschulte, L. & Schwarzer, S. (2015). Eine Ausstellung entwickeln: Vernetzung von Schülerlabor und Unterricht durch schülerkuratierte Ausstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 147, 30 – 36.
- KMK (2004). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz, Erläuterungen zu Konzeption und Entwicklung*. Verfügbar unter: [www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Konzeption-Entwicklung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Konzeption-Entwicklung.pdf) (letzter Zugriff: 02.06.2017).
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand: München, Neuwied.
- Koran Jr., J. J., Koran, M. L. & Ellis, J. (1989). Evaluating the effectiveness of field experiences. In M. Rowe (Hrsg.), *What Research Says to the Science Teacher* (S. 50 – 67). Washington, D.C.: NSTA.
- Landmann, M., Perels, F., Otto, B., Schnick-Vollmer, K. & Schmitz, B. (2009). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 45 – 65). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (2005). Evaluation von Museumsbesuchen unter besonderer Berücksichtigung von Schulklassenbesuchen. *Zeitschrift für Pädagogik. Themenheft: Lernort Museum*, 51(6), 774 – 785.
- Lewalter, D. (2016). Der Einsatz von Museen als außerschulische Lernumgebungen – warum und wie? In D. Brovelli, K. Fuchs, A. Rempfler, B. Sommer Häller (Hrsg.), *Museen und Ausstellungen als außerschulische Lernorte* (S. 37 – 58). Münster: LIT Verlag.
- Lewalter, D., Geyer, C. & Neubauer, K. (2014). Comparing the effectiveness of two communication formats on visitors' understanding of nanotechnology. *Visitor studies*, 17(2), 159 – 176.
- Martin, J.-P. (2000). Lernen durch Lehren: ein modernes Unterrichtskonzept. *Schulverwaltung Bayern*, 23(3), 105 – 110.
- Meissner, B. & Bogner, F. X. (2012). Science teaching based on cognitive load theory: Engaged students, but cognitive deficiencies. *Studies in Educational Evaluation*, 38(3), 127 – 134.
- Munn, N. (2007). *Quest Guidebooks. The Science Teacher – WebNews*, NSTA. Verfügbar unter: [www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=53671](http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=53671) (letzter Zugriff: 02.06.2017).
- Pleitner, B. (2012). Außerschulische Lernorte. In M. Barricelli & M. Lücke (Hrsg.), *Handbuch Praxis Geschichtsunterricht* (S. 290 – 307). Schwalbach/Ts.: Wochenschau Verlag.

- Priemer, B. & Lewalter, D. (2009). Schülerlaborbesuche – eine Bereicherung für den naturwissenschaftlichen Unterricht? *Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule*, 58, 10–15.
- Ropohl, M. & Emden, M. (2017). Zwischen Neu-Entdecken und Nach-Entdecken. Experimentieren als naturwissenschaftliche Arbeitsweise. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 158, 2–7.
- Rounds, J. (2004). Strategies for the curiosity-driven museum visitor. *Curator*, 47, 389–412.
- Schanze, S. & Kampschulte, L. (2015). Offene Bildungsressourcen und persönliche Lernumgebungen – Nutzung, Bearbeitung und Austausch frei zugänglicher digitaler Daten. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 145, 28–33.
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K. & Lüdtko, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–176). Münster: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Schöps, K., Rönnebeck, S., Köller, O. & Prenzel, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In M. Prenzel, C. Sälzer, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2012: Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 189–215). Münster: Waxmann.
- Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte. Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 64(6), 362–369.
- Schwan, S. (2005). Die Bedeutung der neuen Medien für den Wissenserwerb in naturwissenschaftlich-technischen Museen. In A. Noschka-Roos, W. Hauser & E. Schepers (Hrsg.), *Mit Neuen Medien im Dialog mit den Besuchern? Grundlagen und Praxis am Beispiel des Zentrums Neue Technologien im Deutschen Museum*. Berliner Schriften zur Museumskunde, Bd. 21 (S. 49–52). Berlin: G + H Verlag.
- Schwan, S., Zahn, C., Wessel, D., Huff, M., Herrmann, N. & Reussner, E. (2008). Lernen in Museen und Ausstellungen – die Rolle digitaler Medien. *Unterrichtswissenschaft*, 36(2), 117–135.
- Serrell, B. (1998). *Paying attention: Visitors and museum exhibitions*. Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J. & Coulson, R. L. (1992). Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In T. M. Duffy & D. H. Jonassen (Hrsg.), *Constructivism and the technology of instruction: A conversation* (S. 56–80). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10(3), 251–296.
- Uhlmann, S. & Priemer, B. (2009). Nature of Science und Plasmaphysik gemeinsam in einem Schülerlaborprojekt. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008, Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung* (S. 280–282). Münster: Lit Verlag.

- Wilde, M. & Bätz, K. (2006). Einfluss unterrichtlicher Vorbereitung auf das Lernen im Naturkundemuseum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 77–89.
- Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., van Schooneveld, J. B. & Anderson, E. (2013). Scaffolding informal learning in science museums: How much is too much? *Science Education*, 97, 848–877.

## ÜBER DEN AUTOR



---

**Lorenz Kampschulte** war acht Jahre als Projektleiter und Kurator am Deutschen Museum in München tätig. Durch die Vermittlung komplexer naturwissenschaftlich-technischer Inhalte in Ausstellungen und Veranstaltungen hat er sich dort ein breites Portfolio an Werkzeugen zur Wissenschaftskommunikation aufgebaut. Von 2012 bis 2018 arbeitete er am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel und befasste sich dort mit der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Inhalten

an außerschulischen Lernorten. Zudem war er seit 2016 wissenschaftlicher Koordinator des Kiel Science Outreach Campus. Seit Anfang 2018 leitet er die Hauptabteilung Bildung am Deutschen Museum in München.

# WIE LÄSST SICH MEDIENEINSATZ IM FACH- UNTERRICHT BESCHREIBEN?

## Entwicklung einer Heuristik für den Medieneinsatz

*Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Anke Lindmeier,  
Anje Ostermann, Mathias Ropohl und Julia Schwanewedel*

Vor knapp zwanzig Jahren wurde die Initiative »Schulen ans Netz« gegründet, vor fünf Jahren wurde sie »erfolgreich« beendet. Ziel war primär, alle Schulen in Deutschland mit einem Internetzugang auszustatten. Dieses Ziel war binnen weniger Jahre erreicht, später kamen viele begleitende Initiativen hinzu. Weil die Informationstechnologie sich ständig weiterentwickelt, gibt es auch bei der Medienausstattung der Schulen fortwährend Verbesserungspotenziale – so werden heute zum Beispiel in Schulen frei verfügbare Funknetz-zugänge für alle oder Tablet-Klassen eingeführt. Doch trotz der fortschreitenden Ausstattung von Schulen mit technischer Infrastruktur ist ein Drittel der Lehrkräfte aktuell nicht überzeugt, dass digitale Medien einen Vorteil für das Lehren und Lernen bringen (ateneKOM GmbH, 2014). Wie in Kapitel 3 in diesem Band bereits aufgezeigt wurde, ist diese Skepsis nicht ganz ungerechtfertigt, denn die Forschungslage bezüglich der Potenziale digitaler Medien für Lehr-Lern-Prozesse ist nicht eindeutig.

Aufgrund der technologischen Entwicklungen hat sich das Spektrum zur Verfügung stehender Medien in den letzten Jahrzehnten verändert. Einige Kolleginnen und Kollegen haben in der Schulpraxis die Einführung der VHS-Kassette genauso erlebt wie Tablet-Klassen, aber auch die immer wiederkehrende Prophezeiung, die aktuelle technische Entwicklung würde den Unterricht grundlegend verändern. Die empirischen Befunde sprechen in diesem Zusammenhang jedoch keine eindeutige Sprache: So zeigt Hattie (2009), dass die Implementation von Computern keine großen Effekte auf das Lernen per se erzeugt. Ein einfaches »Damit wird es besser« ist kaum begründbar, vielmehr sind komplexe Bedingungsgefüge zu berücksichtigen, wie die Kopplung an Lernendenzentrierung oder auch Lehrkräftefortbildung (vgl. ebd.; s. Kapitel 3, S. 55).



Inbesondere von den Fachdidaktiken wird gefordert, die Integrationsleistung von Befunden aus verschiedenen Disziplinen, die mit Fragen zum Medieneinsatz im Fachunterricht befasst sind, zu erbringen (s. Kapitel 3, S. 55). Bisher ist aber unklar, was die geforderten »theoretisch fundierten« Grundlagen zum Medieneinsatz im Fach sein und leisten können. Als Teil der Integration stellt sich zudem die Frage, welche Eigenheiten des Faches – jenseits einer Anwendung allgemeiner Befunde in verschiedenen Fächern – bei Fragen des Medieneinsatzes im Fach relevant werden.

Im Rahmen der Tagung, die zu diesem Band führte, wurde daher in einem ersten Zugriff diskutiert, wie die Fachdidaktiken als forschende Disziplinen auf Medieneinsatz im Fach blicken und inwiefern sie Lehrkräften bei der Medienwahl als Gegenstand der Unterrichtsplanung Hilfestellung leisten können. Dabei zeigte sich, dass die aus fachdidaktischer Sicht besonders interessant erscheinenden Fragen nicht unbedingt deckungsgleich mit den prominenten Diskussionen sind: Die öffentliche Diskussion wird aktuell vor allem aus der Perspektive der Verfügbarkeit von Medien oder aus (medien-)pädagogischer Perspektive geführt. Die Diskussion aus der Verfügbarkeitsperspektive heraus führt zu – begründeten – Klagen über die mangelnde Ausstattung und technische Unterstützung an Schulen. Die Diskussion aus (medien-)pädagogischer Perspektive mündet in die ebenfalls berechtigten Fragen, welche Kompetenzen Lernende in welchem Umfang für den mündigen Umgang mit Medien in Bildungsinstitutionen erwerben sollen und können und welchen Beitrag die einzelnen Fächer dazu leisten können. Beide Punkte betreffen aus fachlicher Sicht Rahmenbedingungen und sind damit wichtig, aber nicht zentral. Insbesondere können sie nur eingeschränkt Entscheidungskriterien für den Fachunterricht liefern (s. Kapitel 1, S. 14). Trotzdem müssen sich sowohl für jede einzelne Lehrkraft als auch für Kollegien und Fachgemeinschaften Routinen und Traditionen auch hinsichtlich der Nutzung von Medien im Fachunterricht etablieren. Diese sind in ihrer Umsetzung, also der Medienwahl und -nutzung, stark abhängig von jeder einzelnen Lehrkraft bzw. deren eigenen Medienkompetenzen und -vorlieben (s. Kapitel 2, S. 38) und zum anderen von den Bedingungen an der Schule als solche (zum Beispiel durch deren Ausstattung).

Der vorliegende Tagungsband und das assoziierte Projekt »Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht« (MiU) haben zum Ziel, im

interdisziplinär-vergleichenden Ansatz eine fachdidaktische Sichtweise auf den Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu stärken. In den vorangegangenen Beiträgen wurden Fragestellungen bearbeitet, die aus fachdidaktischer Sicht grundsätzliche Relevanz für die Planung des Medieneinsatzes im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht und darüber hinaus besitzen. Die Kapitel führen zu drei möglichen Fragestellungen, die im Folgenden strukturgebend sein sollen: 1) Inwiefern trägt der Medieneinsatz zur Qualität des unterrichtlichen Angebots bei? 2) Welche Kompetenzen benötigen Lehrkräfte, um die Potenziale der Medien bei ihrem Einsatz nutzen zu können? Und 3) Wie können fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten Lehrkräfte bei einer lernzielorientierten Medienutzung unterstützen?

In diesen drei Fragen bleibt eine zentrale Perspektive vorläufig unberücksichtigt: die der individuellen Schülerinnen und Schüler. Dieser Beitrag fokussiert also zunächst auf den Medieneinsatz aus Perspektive eines Unterrichtsangebots, das von Lehrkräften bereitgestellt wird. Die Frage, wie Lernende das Lernangebot nutzen, wird vorläufig aus pragmatischen Gründen größtenteils ausgeblendet (vgl. aber Teilaspekte der Angebotsnutzung in den anderen Beiträgen dieses Bandes, z. B. zur Medienkompetenz der Lernenden, Kapitel 2, S. 38, zur Nutzung (fach)didaktisch aufbereiteter mediengestützter Angebote, Kapitel 4, S. 98 und 5, S. 138). Diese Verkürzung gilt es zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzulösen. Es bleibt ferner zu beachten, dass an dieser Stelle keine Gegenüberstellung von »neuen« und »alten« oder »digitalen« und »nicht digitalen« Medien erfolgt. Die nachfolgenden Ausführungen sind bewusst breit gehalten und rücken den Medieneinsatz im Fachunterricht in Gänze in den Fokus.

## MEDIEN UND UNTERRICHTSQUALITÄT

Kerres (2000) stellt zusammenfassend fest, dass Medien für sich genommen generell nur einen geringen Effekt auf das Ergebnis von Lehr-Lern-Prozessen haben. Auf Basis der derzeitigen Forschungslage ist nicht zu klären, ob die Unterrichtsqualität durch Medien per se beeinflussbar ist. Medien sind aber ein

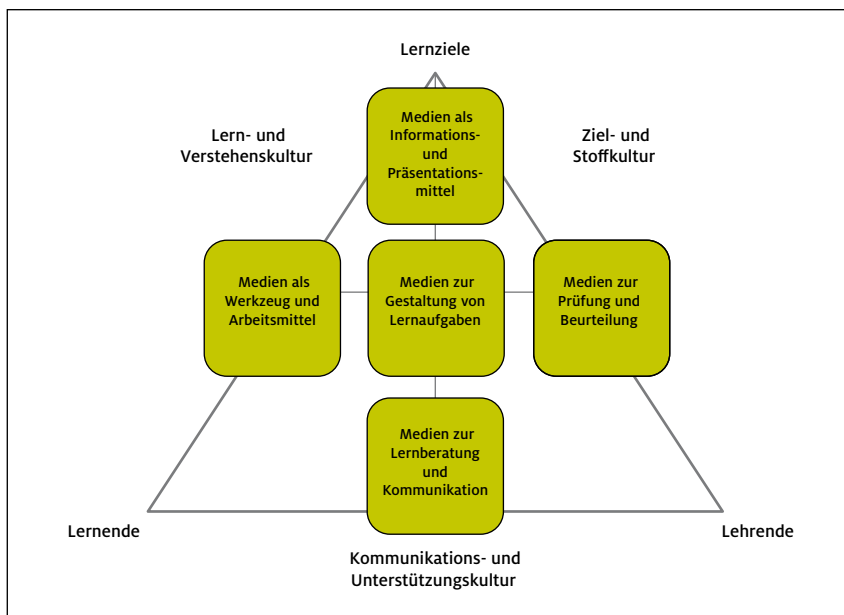


Abb. 1: Medien im didaktischen Dreieck nach Petko (2014)

Teil von Unterricht und erfüllen damit bestimmte didaktische Funktionen (Kerres, 2000; Petko, 2014; s. Abb. 1.).

Demnach müssen Lehrkräfte die Medienwahl als Teil des (fach)didaktischen Planungsprozesses berücksichtigen. Es ist nicht anzunehmen, dass einzelne Medien hierbei beliebig auswechselbar sind, verschiedene Medien werden zu unterschiedlichen Unterrichtszielen besser oder schlechter passen (Herzig & Grafe, 2006). Im Kapitel 1 (S. 14) dieses Bandes erläutern Schwane-wedel, Ostermann und Weigand die funktionale Variabilität von Medien. Demzufolge kann ein bestimmtes Medium zu einer bestimmten Menge von Lernzielen sinnvoll beitragen, wobei es hier auf eine Passung der Zieleigen-schaften und des Mediums ankommt. Dabei muss der Beitrag des Mediums zum Erreichen des Lernziels nicht immer unmittelbar sein, mitunter dient das Medium auch dazu, die Lernenden zu entlasten, indem bestimmte Ak-tivitäten »ausgelagert« werden, um dadurch die aktive Lernzeit für das ei-

gentliche Lernziel zu erhöhen. Ein reines »Mehr« an Medien im Unterricht ist also kaum lernförderlich, wie auch Kerres (2000) feststellt, denn die Wahl der Medien ist im Rahmen der funktionalen Variabilität und des didaktischen Dreiecks begründet vorzunehmen. Insofern ist es plausibel, dass Lindmeier (s. Kapitel 3, S. 55) zu dem Schluss kommt, »neue« Medien hätten zwar ein Innovationspotenzial, aber dieses müsse auch im Rahmen von Fachunterricht realisiert werden. Hier helfen die aktuellen (bildungs)politischen Maßnahmen nur bedingt weiter.

Mit Sicherheit ist es ein wichtiger Schritt, dass in allen relevanten bildungspolitischen Rahmendokumenten die Nutzung von Medien im Fachunterricht formal geregelt wird. Was das jedoch für die einzelnen Fächer und den Unterricht in diesen Fächern bedeutet, ist bisher unterschiedlich gut untersucht und bleibt mitunter unklar (s. Kapitel 3, S. 55). In der Mathematik ist durch die Einführung verschiedener Werkzeuge – angestoßen durch die flächendeckende Nutzung des Taschenrechners bereits in den 1970er Jahren – wiederholt die Diskussion über fachliche medienbezogene Lernziele und über Veränderungen oder veränderte Schwerpunktsetzungen im fachlichen Kanon angestoßen worden. Die Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife im Fach Mathematik (KMK, 2012) decken spezifische medienbezogene Kompetenzen ab (s. Kapitel 3, S. 55). In den naturwissenschaftlichen Fächern wurde diese Diskussion deutlich später begonnen. Die Nutzung (digitaler) Medien im Unterricht wird beispielsweise in Curricula explizit eingefordert. So findet sich in den Kernlehrplänen für den Physikunterricht in Nordrhein-Westfalen, dass digitale Werkzeuge beim Experimentieren Anwendung finden müssen. Wann und in welchem Umfang, beziehungsweise mit welchem Ziel, bleibt jedoch der einzelnen Lehrkraft überlassen. Für außerschulische Lernorte führt Kampschulte (s. Kapitel 5, S. 138) mögliche didaktische Funktionen aus, mit denen Medien in Museen oder Science Centern eingesetzt werden können. Insgesamt fällt für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich auf, dass fachspezifische Aspekte noch nicht ausreichend berücksichtigt werden, obwohl es Hinweise gibt, dass Medien je nach Fach unterschiedlich genutzt werden (z. B. Pietzner, 2009). Aus aktuellen Studien wie der International Computer and Information Literacy Study (ICILS 2013) liegen Befunde zur Nutzung von digitalen Medien im Unterricht durch Lehrkräfte vor. Demnach nutzt nur ein Drittel der Lehrkräfte mindestens wöchentlich Computer im

Unterricht (Eickelmann et al., 2014). Mit am häufigsten werden Computer in den naturwissenschaftlichen Fächern genutzt (39,5 % der Befragten geben an, den Computer mindestens in einigen Stunden zu nutzen; Eickelmann et al., 2014). Am seltensten werden Computer im Fach Mathematik genutzt (29,4 %). Mit der von Petko (2014) vorgeschlagenen Einordnung von Medien in das didaktische Dreieck (s. Abb. 1) lässt sich unter anderem vermuten, dass die berichteten Befunde durch unterschiedliche Medienfunktionen in den Fächern und damit durch eine unterschiedliche Fachkultur erklärt werden können.

Bei der unterrichtlichen Nutzung von Medien ist die lernförderliche Mediennutzung ein zentrales Ziel. Im Fokus steht dabei unter anderem die Eigenständigkeit der Lernenden und damit der Grad der Individualisierung. In Verbindung mit der Individualisierung des Lernens wird eine zunehmende Entgrenzung von Lernräumen diskutiert. So schlägt Kampschulte (s. Kapitel 5, S. 138) insbesondere die Mediennutzung zur besseren Integration von außerschulischem und schulischem Lernen vor, indem sich die Lernenden auf den jeweils folgenden Abschnitt vorbereiten und somit zum Beispiel im Museum effektiver (im Hinblick auf Kompetenzaufbau) vorgehen können. In der Meta-Analyse von Hattie (2009) erweist sich die Nutzung neuer Medien insbesondere dann als effektiv, wenn die Lernenden selbst die Lernumgebung steuern. Er führt unter anderem auf, dass die Lernenden die Geschwindigkeit, die Ziele oder auch die Auswahl der zu bearbeitenden Aufgaben selbst mitbestimmen können. Dies führt im Extremfall zu einer Individualisierung der Lernangebote, was durch selbst reguliertes Lernen besondere Anforderungen an die Lernenden stellt. Gleichzeitig bedeutet dies, dass Lehrkräfte bezüglich des Medieneinsatzes nicht nur die funktionale Variabilität, sondern auch eine Art »kognitive« Variabilität bezogen auf das jeweilige Lernziel berücksichtigen müssen. Lehrkräfte müssen verstärkt einschätzen können, in welchem Umfang Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen gleichermaßen von denselben Medien profitieren können.

Bei der Entscheidung für bestimmte Medien seitens der Lehrkraft kann im Hinblick auf eine Individualisierung wiederum hilfreich sein, dass gerade digitale Medien für eine formative Diagnose und Bewertung prädestiniert sind. Wie Ropohl et al. in Kapitel 4 (S. 98) ausführen, erlauben mediengestützte Diagnoseverfahren prinzipiell individualisierte und lernbegleitende Rückmeldungen direkt nach Ausführung von Lern- und/oder Leistungsaufgaben

(formative Rückmeldungen). Dies kann nachhaltig zu einem lernförderlichen Lehr-Lern-Arrangement beitragen, weil der Lernprozess der Schülerinnen und Schüler direkt und individuell beeinflusst werden kann und zusätzlich weitere Schritte im Lernprozess auf einer fundierten Grundlage geplant werden können. Entsprechende Rückmeldungen zeigen sich auch empirisch als wirksam (Hattie, 2009). Gleichzeitig stellen Lern- oder Testumgebungen hohe Anforderungen an die jeweiligen Administrierenden: So führen Ropohl et al. (s. Kapitel 4, S. 98) aus, dass Qualität und Zeitpunkt der Rückmeldungen im Lernprozess von großer Bedeutung sind. Beide Punkte gilt es entsprechend im Blick zu halten und zu planen. Ob dies für einzelne Lehrkräfte außerhalb kommerzieller Angebote aus testökonomischer Perspektive realistisch ist, darf kritisch hinterfragt werden.

## MEDIEN UND KOMPETENZEN DER LEHRKRÄFTE ZUR MEDIENNUTZUNG IM FACH

Müller und Kollegen (2006) gehen davon aus, dass sogenannte Skripts das Handeln und damit auch die Medienwahl von Lehrkräften bei der Unterrichtsplanung bestimmen. Diese Skripts sind sozusagen zunehmend fest etablierte Routinen, mit denen Lehrkräfte auf bestimmte Unterrichtssituationen reagieren. Da diese Handlungsskripts der Lehrkräfte individuell über die Zeit mit zunehmender Unterrichtserfahrung ausgebaut werden, sind sie äußerst stabil und von subjektiven Erfahrungen geprägt. Neue Medien oder auch neue Ansätze zur Implementation bekannter Medien in den Fachunterricht haben es aus dieser Perspektive schwer, Einzug in den Unterricht zu finden. Sie werden bestenfalls als methodisches Add-On in bestehende Konzeptionen eingefügt (Müller et al., 2006). Es ist daher wünschenswert, dass Lehrkräfte über möglichst vielfältig ausgebaute Kompetenzen zur Mediennutzung in Lehr-Lern-Prozessen verfügen. Diese Kompetenzen umfassen mehrere Facetten.

Petko und Honegger (2011) greifen beispielsweise zur Beschreibung entsprechender Kompetenzfacetten auf den TPACK<sup>1</sup>-Ordnungsrahmen zurück

---

1 TPACK steht für **T**echnological **P**edagogical **A**nd **C**ontent **K**nowledge.

(Mishra & Koehler, 2007). In Kapitel 3 (S. 55) wird jedoch zusammenfassend dargestellt, dass die darauf basierenden Ansätze bisher nicht zielführend sind. Alternativ wurde vorgeschlagen, diese künstliche Isolation von fachspezifischem mediendidaktischem Wissen in Bezug auf digitale Medien nicht zu verfolgen und zugehöriges Wissen als integralen Teil fachdidaktischen Wissens zu verstehen (s. Kapitel 3, S. 55; Brantley-Dias & Ertmer, 2013).

Nichtsdestotrotz stellt sich die Frage, ob gerade die Verwendung bestimmter Medien besonders voraussetzungsreich ist. Zunächst müssen Lehrkräfte selbst über Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit analogen und digitalen Medien verfügen (s. Kapitel 2, S. 38). Das mag zunächst trivial klingen; so sind das Schulbuch in allen Fächern, plastische Modelle im Biologieunterricht oder ein bestimmtes Demonstrationsexperiment im Physikunterricht den Fachlehrkräften in der Regel sehr vertraut. Wenn berücksichtigt wird, dass deutschlandweit das Durchschnittsalter von Lehrkräften knapp unter fünfzig Jahren liegt, wird jedoch schnell deutlich, dass die Mehrheit der Lehrkräfte im Studium und im Vorbereitungsdienst nicht für die Nutzung digitaler Medien ausgebildet wurde. Zwar mögen sich Lehrkräfte aufgrund ihres Engagements oder privaten Interesses selbst in die Nutzung digitaler Medien eingearbeitet haben, die bloße Bedienung ist jedoch aus fachdidaktischer Perspektive zwar ein ohne Zweifel notwendiges, aber vielleicht nicht alleinig hinreichendes Kriterium (s. Kapitel 2, S. 38). Vielmehr müssen die verfügbaren Mittel ziel- und situationsadäquat, beispielsweise zur Problemlösung im Fach oder zur Lernprozessunterstützung, verwendet werden. Dies geht über die bloße Bedienung der (technischen) Geräte hinaus und schließt ggf. geänderte soziale Praktiken im Fachunterricht ein (s. Kapitel 2, S. 38 und Kapitel 3, S. 55). Bezogen auf das Unterrichtshandeln kann geschlussfolgert werden, dass das mediale Lernangebot unmittelbar von den fachspezifischen medienbezogenen Kompetenzen der Lehrenden abhängt. Je nach Medium werden sich die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lehrkräfte vermutlich stark unterscheiden: Sogenannte »traditionelle« Medien dürften gut etabliert und an vielen Stellen zielorientiert verwendet werden, zumindest existieren dafür tradierte Praktiken. Im Vergleich dazu finden aber digitale Medien gerade erst Eingang in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachunterricht. Die Genese der zugehörigen sozialen Praktiken wird im zugehörigen sozialen Raum stattfinden müssen. Die Aushandlungsprozesse scheinen gerade erst zu beginnen.

Insofern ist die Forderung der Standards für die Lehrerbildung (KMK, 2004), wie sie von der Kultusministerkonferenz (KMK) formuliert wurden, rein normativ, wenn es heißt, Lehrkräfte müssten Medien didaktisch sinnvoll und anforderungs- sowie situationsgerecht im Unterricht nutzen. Dabei sind die Begriffe »anforderungs- sowie situationsgerecht« aus fachlicher Sicht doppel-sinnig: Medien müssen unter einer instrumentellen Sicht anforderungs- und situationsgerecht in Bezug auf das vorliegende instruktionale Problem eingesetzt werden und dabei den Lernenden zusätzlich eine eigenständige, fachlich sinnvolle, anforderungs- und situationsgerechte Mediennutzung vermitteln. Der Auftrag ist damit klar: Es muss bereits in der Ausbildung Gegenstand sein, was im jeweiligen Falle »anforderungs- und situationsgerecht« bedeutet. Das dazu notwendige fachdidaktische medienbezogene Wissen gibt es für manche der zur Verfügung stehenden Medien aktuell nicht, für die wenigsten wird es üblicherweise in der Lehrerbildung berücksichtigt.

Die medienbezogene Kompetenz von Lehrkräften wird letztendlich entscheidend für den gelingenden Medieneinsatz im Fachunterricht sein. Ob Lehrkräfte Medien überhaupt einsetzen, ist zusätzlich davon abhängig, in welchem Umfang Lehrkräfte bereit sind, entsprechende Medien in den Unterricht zu integrieren, was wiederum zusätzlich von den verfügbaren Skripts, aber auch Wertehaltungen und Erwartungen abhängt. Und nicht zuletzt – sondern nachweislich sogar an erster Stelle – spielen die Ausstattung der Schulen sowie die verfügbaren technischen und organisatorischen Unterstützungsstrukturen eine Rolle.

## ENTWICKLUNG EINER FACHDIDAKTISCHEN HEURISTIK ZUM MEDIENEINSATZ

Medien sind also ein Teil des Unterrichts und entsprechend ein Planungsbereich von Unterricht. Im Modell von Heimann und Kollegen (1969) bilden Medien einen Bereich, der mit den Zielen, Inhalten und Methoden wechselwirkt. Demzufolge seien die Fragen Warum?, Was?, Wie? und Womit? zu beantworten. Unterrichtsziele und Medien sind aufeinander zu beziehen, was in allen Fachdidaktiken als Konsens verstanden werden kann. Beispielhaft für



die Physik schreiben Duit und Kollegen (n. d.) in Materialien aus dem Projekt *Physik im Kontext*: »Wird ein Schülerexperiment anstelle eines Demonstrations-experiments eingesetzt, so bedeutet dies, dass Ziele, die mit dem eigenständigen Experimentieren verbunden sind, ebenfalls zum Tragen kommen. Das Experiment dient dann z. B. nicht allein dazu, mit einem Phänomen vertraut zu machen, sondern auch dem Einüben manueller Fertigkeiten und der Zusammenarbeit mit anderen. Der enge Zusammenhang aller Variablen, die den Unterricht bestimmen, führt dazu, dass die Änderung einer Variablen allein in aller Regel nicht zu einer grundlegenden Veränderung des Unterrichts führen kann. Es bedarf stets der Feinabstimmung aller Variablen. Zu Methoden und Medien gibt es ein breites Spektrum von Möglichkeiten, das weit über die üblicherweise im Unterricht eingesetzten Methoden und Medien hinausgeht.«

Insbesondere in der deutschsprachigen Lehr-Lern-Forschung finden sich Modelle, die im weitesten Sinne zur Planung des Unterrichts von Lehrkräften herangezogen werden können (zsf. bei Reusser, 2008). Häufig implizit, seltener explizit findet sich in all diesen die Frage nach der Mediennutzung wieder.

In der Ausdifferenzierung des didaktischen Dreiecks (s. Abb. 1) zeigt Petko (2014) auf, welche verschiedenen Funktionen Medien erfüllen können. Im Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2009) bestimmt die Medienwahl auf der Angebotsseite die Qualität des Lehr- und Lernmaterials, ihr konkreter Einsatz damit die Unterrichtsqualität. Ferner beeinflussen die Medien die Mediations- und Nutzungsprozesse auf Schülerseite. Medienbezogene Kompetenzen zählen zudem zu den intendierten Unterrichtswirkungen. Wenn die tiefe Verwobenheit von Medien und Unterricht berücksichtigt wird, so ist umso erstaunlicher, dass seitens der Unterrichtsforschung Medien bislang eher oberflächlich betrachtet wurden (Klieme & Rakoczy, 2008). Wenn noch stärker eingeschränkt und nach Erkenntnissen zu Medien im Fachunterricht aus fachdidaktischer und nicht aus pädagogischer Perspektive gefragt wird, dann finden sich kaum empirische Analysen mit größerer Reichweite als Fallstudien (s. Kapitel 3, S. 55). Einige wenige Untersuchungen gibt es im Kontext der Schulbuchnutzung seitens der Lehrkräfte, zum Beispiel für Physikunterricht (Härtig et al., 2012). Eine größere Anzahl fachdidaktischer Untersuchungen existiert erst, wenn der Medienbegriff weiter gefasst wird und wenn zudem Repräsentationen berücksichtigt werden. Es liegen zahlreiche Untersuchungen zum Einsatz unterschiedlicher und zum Teil fachspezifi-

scher Repräsentationsformate (z. B. statische und dynamische Abbildungen, Lesen von Stammbäumen) vor (z. B. Halverson, 2011; Höffler & Leutner, 2007; Remmele et al., 2017).

Entsprechend fehlt bisher auch innerhalb der Fachdidaktiken ein Konsens darüber, welche Merkmale des unterrichtlichen Medieneinsatzes auf welche Art und Weise Gegenstand didaktischer Überlegungen werden sollen. Nach Reusser (2005) bietet es sich an, zwischen der Sicht- und der Tiefenstruktur von Unterricht zu unterscheiden. Diese Unterscheidung soll im Folgenden genutzt werden, um Merkmale des Medieneinsatzes im Unterricht differenzierter zu beschreiben. Die Sichtstruktur von Unterricht bezieht sich nach Reusser auf leicht zugängliche, beobachtbare Merkmale, die sich empirisch üblicherweise als wenig prädiktiv für Lernzuwächse erweisen. Unter der Tiefenstruktur werden komplementär hingegen Unterrichtsmerkmale gefasst, die die eigentlichen Lerngelegenheiten bedingen. Beide Strukturebenen des Unterrichts stehen nicht für sich, sondern interagieren (Reusser, 2008). Bezogen auf Medien beschreibt die Sichtstruktur zunächst Medienarten (z. B. Buch oder Experiment) und deren Modalitäten (z. B. virtuell, analog), beantwortet also die Frage (1) »Welche Medien?« eingesetzt werden. Zudem gehören allgemeine Merkmale der Nutzung, wie die Art der Interaktion von Lehrkräften und Lernenden mit dem Medium (z. B. als Demonstrations- oder als Kleingruppenexperiment), zu den Sichtstrukturmerkmalen: (2) »Wie erfolgt der Einsatz?« Die Sichtstruktur wurde in der Vergangenheit bereits untersucht, beispielsweise in Studien zu infrastrukturellen Gegebenheiten, der Medienausstattung der Schulen oder teilweise auch der Fachräume in diesem Bereich. Deskriptive Befunde zur Medienintegration im Unterricht sowie der Art der Steuerung fallen größtenteils ebenfalls in den Bereich der Sichtstruktur und geben Hinweise auf die Art und Weise des Medieneinsatzes aus allgemeiner Perspektive. In fachdidaktischen Arbeiten wurden aus diesem Bereich beispielsweise bei Tesch und Duit (2004) die Experimentierzeit und auch die verwendeten Aufbauten und Geräte beschrieben.

Aus fachdidaktischer Sicht und für die Planung von Unterricht interessiert aber vor allem, welche Eigenschaften der Medieneinsatz in Bezug auf die Tiefenstruktur einnimmt. Die Medienauswahl wird also im Rahmen der (fach)didaktischen Rekonstruktion (Naturwissenschaften) oder allgemeiner der Unterrichtsplanung zum Gegenstand. So ist zum Beispiel relevant, ob

ein Medium einen behandelten Sachverhalt adäquat repräsentiert oder eine fachliche Arbeitsweise ermöglicht, wobei diese »fachliche Adäquatheit« in Relation zum Lernziel zu beurteilen ist. Bezogen auf ein Medium stellt sich also die Frage nach (3) dem fachdidaktischen Potenzial: »Welche Möglichkeiten bietet das Medium im Hinblick auf die Lernziele?« Damit verbunden ist die Frage nach der spezifischen fachdidaktischen Funktion des Mediums im konkreten Lehr-Lern-Prozess. Auch auf der Tiefenstrukturebene rücken also neben dem Medium die Prozesse des Medieneinsatzes in den Blick: (4) »Wie werden die Ziele mit dem Medium erreicht?« Zusammenfassend ergibt sich ein heuristisches Modell zur Charakterisierung des Medieneinsatzes mit vier Bereichen (s. Abb. 2).

	EIGENSCHAFT DES MEDIUMS (WELCHE?)	EIGENSCHAFT DES MEDIENEINSATZES (WIE?)
Sichtstrukturmerkmale	<p>(1) Medienart</p> <p>Leitfrage: Welches Medium wird eingesetzt? Wie kann man es weiter charakterisieren? (z. B. Modell, digital – analog, statisch – dynamisch)</p>	<p>(2) Methodische Merkmale des Medieneinsatzes</p> <p>Leitfrage: Welche Rahmenbedingungen des Einsatzes liegen vor? (z. B. allgemeine medienpädagogische und medien-didaktische Aspekte wie Steuerung, Sozialform)</p>
Tiefenstrukturmerkmale	<p>(3) Potenzial des Mediums vor dem fachlichen Hintergrund:</p> <p>Leitfrage: Worin besteht der fachliche Gehalt? (z. B. fachlich adäquat, curricular anschlussfähig)</p>	<p>(4) Funktion des Medieneinsatzes im fachlichen Lernprozess</p> <p>Leitfrage: Welche Rolle spielt das Medium im fachlichen Lernprozess? (z. B. Passung von fachlichem Lernziel und Merkmalen des Einsatzes)</p>

Abb. 2: Heuristik zur fachdidaktischen Planung und Analyse des Medieneinsatzes

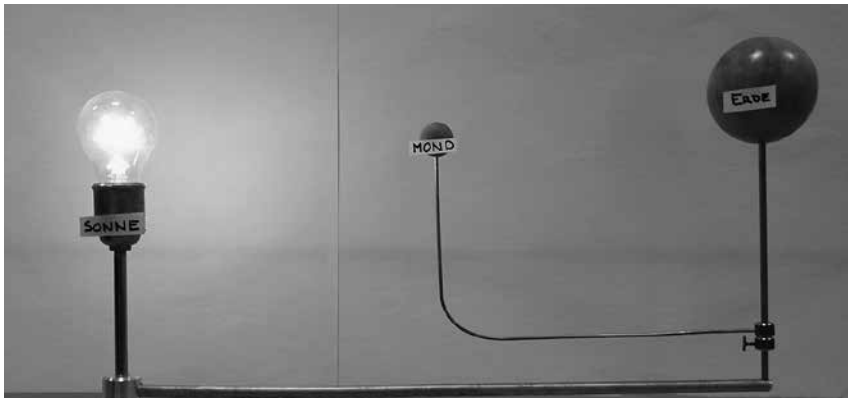
Was soll diese Heuristik leisten, die neben der Trennung von Sicht- und Tiefenstruktur eine Differenzierung zwischen Eigenschaften des Mediums und Eigenschaften des Medieneinsatzes vorschlägt? Die analytische Trennung von Sichtstruktur- und Tiefenstrukturmerkmalen ermöglicht es, den fach-

didaktisch besonders interessierenden Tiefenstrukturbereich zu fokussieren. Gleichzeitig können Merkmale der Sichtstruktur anschlussfähig an bestehende Diskussionen der allgemeinen Medienpädagogik und -didaktik beschrieben werden. Die Trennung zwischen Eigenschaften des Mediums und Eigenschaften des Medieneinsatzes gibt Raum, um die stärker fachlich geprägten Potenziale eines Mediums von den stärker fachdidaktisch geprägten Funktionen in (geplanten) Lehr-Lern-Prozessen zu unterscheiden. Die vier Bereiche erscheinen im Rahmen der Lehreraus- und -weiterbildung, aber auch der fachdidaktischen Forschung geeignet, um wesentliche Bestimmungsgrößen des Medieneinsatzes im Fachunterricht zu strukturieren. Alle vier Bereiche müssen bei der letztlich zu entscheidenden Frage, ob ein Medieneinsatz als adäquat zu bewerten ist, berücksichtigt werden.

Diese Heuristik ist aus der Theorie abgeleitet und bisher zur Analyse von Beispielen erprobt worden (s. nachfolgendes Anwendungsbeispiel). Offen bleibt zunächst, inwiefern sie sich auch für die avisierten Zwecke medienbezogener Unterrichtsplanung und medienbezogener Forschung nutzen lässt. Im Rahmen der interdisziplinären Expertentagung wurde sie intensiv diskutiert. In nachfolgenden Arbeiten wird sich zeigen, ob die Heuristik zur Kommunikation über Medieneinsatz im Fachunterricht als strukturierendes Mittel geeignet ist.

## ANWENDUNGSBEISPIEL

Inwiefern die Heuristik hilft, einen differenzierten Blick auf einen Medieneinsatz im Fachunterricht zu werfen, wird im Folgenden an einem Beispiel für den Physikunterricht verdeutlicht: Abb. 3 zeigt den Aufbau eines Modells zur Entstehung der Mondphasen. Schülerinnen und Schüler können in diesem Zusammenhang eine Kugel als Mond um eine weitere Kugel als Erde kreisen lassen. Auf der Erde stehen Spielfiguren, aus deren Blickwinkel sich die Mondphasen ergeben. Die Lernenden stellen einen Bezug zwischen der Position der Lichtquelle und der Kugeln zueinander sowie dem optischen Eindruck der Spielfiguren her.



**Abb. 3:** Modellexperiment zur Entstehung der Mondphasen (Foto: A. Ostermann)

Die heuristische Betrachtung führt zu folgender Beschreibung:

1. Es handelt sich um ein plastisches, nicht maßstabgerechtes Modell. Es ist dynamisch, vereinfacht aber das Sonnensystem deutlich, unter anderem indem es nur Erde, Mond und Sonne enthält.
2. Das Modellexperiment ist vermutlich eher als Demonstrationsexperiment zu verwenden, es werden nicht genügend Exemplare für Experimente in Kleingruppen vorhanden sein. Es bietet sich im Rahmen der Unterrichtsstruktur eher für eine Erarbeitungsphase an. Besondere medien-spezifische Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler sind nicht erforderlich.
3. Der fachliche Gehalt besteht in einer Visualisierung des abstrakten Zusammenhangs zwischen der Konstellation der drei Himmelskörper und der Bewegung des Mondes. Die Schülerinnen und Schüler können sich nicht selbst aus dem Koordinatensystem der Erde herausbewegen, um die Situation von außerhalb zu betrachten. Das Modell weist deutliche fachliche Vereinfachungen auf, die für den Inhalt jedoch akzeptabel sind. So stimmen die Proportionen der Himmelskörper nicht, auch die Abstände sind nicht maßstabsgerechnet. Vor allem aber wird die Bewegung der Erde um die Sonne nicht berücksichtigt. Es ist curricular nur bedingt anschlussfähig, weil die Jahreszeiten anhand des Modells nicht erklärt werden können.

4. Im fachlichen Lernprozess ist insbesondere darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler über den Perspektivwechsel (Beobachtende auf der Erde oder außerhalb) aktiv nachdenken. Das Modell kann geeignet sein, um bewusst über Aspekte der Modellierung mit der Lerngruppe zu sprechen, hierfür muss aber Fachwissen über das Sonnensystem bereits vorhanden sein. Das Modell kann im Rahmen einer Erarbeitung der Mondphasen verwendet werden, aber auch als komplexes Anwendungsbeispiel für Schattenräume. An Punkt 3 anknüpfend, ließe sich mit der Lerngruppe auch über Modellannahmen und Grenzen aktiv sprechen.

## LITERATUR

- atene KOM GmbH (Hrsg.) (2014). *Medienbildung an deutschen Schulen*. Verfügbar unter: [initiated21.de/app/uploads/2017/01/141106\\_medienbildung\\_onlinefassung\\_komprimiert.pdf](http://initiated21.de/app/uploads/2017/01/141106_medienbildung_onlinefassung_komprimiert.pdf) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Blömeke, S. (2000). *Medienpädagogische Kompetenz: Theoretische und empirische Fundierung eines zentralen Elements der Lehramtsausbildung*. München: kopaed.
- Duit et al. (n. d.). *Piko Briefe*. Verfügbar unter: [www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Eickelmann, B., Gerick, J. & Bos, W. (2014). Die Studie ICILS 2013 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und Entwicklungsperspektiven. In W. Bos et al. (Hrsg.), *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 9 – 13). Münster: Waxmann.
- Halverson K. L. (2011). Improving tree-thinking one learnable skill at a time. *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 95 – 106.
- Härtig, H., Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(4), 197 – 200.
- Hattie, J. A. (2009). *Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses on achievement*. Abingdon: Routledge.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Herzig, B. & Grafe, S. (2006). *Digitale Medien in der Bildung. Standortbestimmung und Handlungsempfehlungen für die Zukunft. Studie zur Nutzung digitaler Medien in allgemein bildenden Schulen in Deutschland*. Bonn: Deutsche Telekom.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722 – 738.

- Kerres, M. (2000). Medienentscheidungen in der Unterrichtsplanung. Zu Wirkungsargumenten und Begründungen des didaktischen Einsatzes digitaler Medien. *Bildung und Erziehung*, 53(1), 19–40.
- Klieme, E., & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(2), 222–237.
- KMK (2004). *Standards der Lehrerbildung*. Verfügbar unter: [www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- KMK (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Verfügbar unter: [www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2012/2012\\_10\\_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf) (letzter Zugriff: 10.07.2017).
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2007). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK): Confronting the Wicked Problems of Teaching with Technology. In R. Carlsen, K. McFerrin, J. Price, R. Weber & D. A. Willis (Hrsg.), *Proceedings of the Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2007* (S. 2214–2226). Chesapeake: AACE.
- Müller, C., Blömeke, S. & Eichler, D. (2006). Unterricht mit digitalen Medien – zwischen Innovation und Tradition? Eine empirische Studie zum Lehrerhandeln im Medienzusammenhang. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 632–650.
- Petko, D. (2014). *Einführung in die Mediendidaktik*. Weinheim: Beltz.
- Petko, D. & Döbeli Honegger, B. (2011). Digitale Medien in der schweizerischen Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Hintergründe, Ansätze und Perspektiven. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 29(2), 155–171.
- Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 47–67.
- Remmele, M., Schmidt, E., Lingenfelder, M. & Martens, A. (2017, online first). The impact of stereoscopic imagery and motion on anatomical structure recognition and visual attention performance. *Anatomical Sciences Education*.
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(2), 159–182.
- Reusser, K. (2008). Empirisch fundierte Didaktik—didaktisch fundierte Unterrichtsforschung. *Perspektiven der Didaktik*, 219–237.
- Schulz, W., Heimann, P. & Otto, G. (1969). *Unterricht: Analyse und Planung*. Schroedel.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4–14.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.

## ÜBER DIE AUTOREN



---

**Hendrik Härtig** ist Professor für Didaktik der Physik an der Universität Duisburg-Essen. Er promovierte in der DFG-Forschergruppe »Naturwissenschaftlicher Unterricht« in Essen und erhielt im Anschluss einen Ruf auf die Juniorprofessur für Didaktik der Physik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Gemeinsam mit seiner Arbeitsgruppe beschäftigt sich Hendrik Härtig aktuell schwerpunktmäßig mit der Rolle der Sprache in fachlichen Lehr-Lern-Prozessen und dem Erwerb experimenteller Kompetenz.



---

**Lorenz Kampschulte** war acht Jahre als Projektleiter und Kurator am Deutschen Museum in München tätig. Durch die Vermittlung komplexer naturwissenschaftlich-technischer Inhalte in Ausstellungen und Veranstaltungen hat er sich dort ein breites Portfolio an Werkzeugen zur Wissenschaftskommunikation aufgebaut. Von 2012 bis 2018 arbeitete er am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel und befasste sich dort mit der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Inhalten an außerschulischen Lernorten. Zudem war er seit 2016 wissenschaftlicher Koordinator des Kiel Science Outreach Campus. Seit Anfang 2018 leitet er die Hauptabteilung Bildung am Deutschen Museum in München.



---

**Anke Lindmeier** ist seit 2012 Professorin für Didaktik der Mathematik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören fachspezifische Wissens- und Kompetenzbereiche von Mathematiklehrkräften und pädagogischen Fachkräften sowie der Erwerb komplexer Kompetenzkonstrukte. Sie leitet mehrere Forschungsprojekte zur differenzierten Beschreibung von Bedingungen und Effekten verschiedener professioneller Kompetenzbereiche.





**Anje Ostermann** ist seit 2016 Doktorandin in der Didaktik der Mathematik Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Zuvor hat sie die Fächer Mathematik und Physik für das Lehramt an Gymnasien an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel studiert. In ihrer Arbeit interessiert sie sich für den Einsatz von Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.



UDE / Frank Preuß

**Mathias Ropohl** ist Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Duisburg-Essen. Er promovierte 2010 im Rahmen des DFG-Graduiertenkollegs »Naturwissenschaftlicher Unterricht« an der Universität Duisburg-Essen. Anschließend absolvierte er das Referendariat und arbeitete als Studienrat an einem Gymnasium. Von 2013 bis 2017 war Mathias Ropohl Juniorprofessor für Didaktik der Chemie am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Einer seiner Forschungsschwerpunkte ist die formative Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen.



**Julia Schwanewedel** ist seit 2017 Professorin für naturwissenschaftlichen Sachunterricht an der Humboldt-Universität zu Berlin. Von 2013 bis 2017 war sie Juniorprofessorin für Didaktik der Biologie am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) in Kiel. Nach dem Lehramtsstudium der Fächer Biologie und Englisch an der Universität Oldenburg absolvierte sie das Referendariat. 2009 promovierte sie an der Universität Oldenburg. Von 2010 bis 2013 war sie Post-Doktorandin an der Universität Kassel. Ihre Forschungsinteressen umfassen das Argumentieren in den Naturwissenschaften, die Bedeutung schulischer Fachkulturen für Lehr-Lern-Prozesse sowie fachspezifische Kommunikations- und Repräsentationskompetenz.

---

Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht (2018). Ropohl, Lindmeier, Härtig, Kampschulte, Mühling und Schwanewedel (Hrsg.), Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag

Anhang



# FRAGESTELLUNGEN ZUR STÄRKUNG DES FACHDIDAKTISCHEN DISKURSES

Anhang zu »Innovation durch digitale Medien  
im Fachunterricht?«

Bei der Erstellung des Beitrags »Innovation durch digitale Medien im Fachunterricht?« haben sich fachdidaktisch relevante Fragestellungen im Anschluss an die verschiedenen Diskurse herauskristallisiert, deren systematische Untersuchung zur Stärkung des fachdidaktischen Diskurses zum Medieneinsatz im Fachunterricht beitragen kann. Wie im Beitrag aufgezeigt, steht auf dem Prüfstand, ob der durch die Digitalisierung und den Medieneinsatz im Fach angestoßene Innovationsprozess durch die Fachdidaktiken nur begleitet oder aber gestaltet werden kann. Nicht alle Fragen sind völlig unbeantwortet, aber die Auswahl kann zukünftige Forschungsentscheidungen informieren.

## **Gesellschaftlicher Bezugsrahmen:**

- Wie sind aus fachlicher Sicht die medienbezogenen Anforderungen für einen erfolgreichen Übergang in den Beruf oder das Studium?
- Wie sind aus fachlicher Sicht relevante gesellschaftlich geprägte Unterschiede in den individuellen Lernvoraussetzungen für medien-gestütztes Lernen?
- Inwiefern beeinflusst Medieneinsatz im Fach die Effekte sozialer Disparität?

## **Medienbezogene Kompetenzen und Wirkungen auf Lernendenseite:**

- Welchen Stellenwert sollen oder können medienbezogene Kompetenzen als Teil der fachlichen Lernziele für Schülerinnen und Schüler haben?
- Was sind Bedingungen für den Erwerb welcher fachspezifischen medienbezogenen Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern?
- Welche fachlichen Lernziele sind durch welche Art von Medieneinsatz (besonders gut) vermittelbar?

- Welche Effekte hat welche Art von fachlichem Medieneinsatz auf Seiten der Lernenden?
- Inwiefern soll oder kann Fachunterricht zu übergreifenden medienpädagogischen Zielen beitragen?

**Wirksamkeitsnachweise:**

- Was sind geeignete Referenzkriterien für sinnvollen Medieneinsatz im Fachunterricht?
- Inwiefern stützen /erweitern /widersprechen Befunde aus fach- /themenspezifischen medienbezogenen Untersuchungen nicht fachspezifische Befunde?

**Innovationsperspektive:**

- Wie verändern sich fachliche Lernziele durch Medieneinsatz?
- Wie verändern sich fachliche Praktiken durch Medieneinsatz?
- Wie sind ökonomische Aspekte von Medieneinsatz im Fachunterricht zu bewerten?

**Designperspektive:**

- Was sind Gestaltungsmerkmale für sinnvollen Medieneinsatz im Fachunterricht?
- Was sind Ansatzpunkte zur Integration von Medien oder medienbezogenen Praktiken über Lernorte hinweg?
- Wie robust erweisen sich exemplarische Lernumgebungen gegenüber Veränderungen in den Implementationsbedingungen?

**Medienbezogene Kompetenzen auf Seiten der Lehrenden:**

- Was sind fachspezifische medienbezogene Kompetenzen von Lehrkräften?
- Wie wirken fachspezifische medienbezogene Kompetenzen von Lehrkräften?
- Wie erwerben Lehrkräfte fachspezifische medienbezogene Kompetenzen?

# TEILNEHMERINNEN UND TEILNEHMER DER EXPERTENTAGUNG IM JUNI 2016

## **Organisatorinnen und Organisatoren:**

Hendrik Härtig (Didaktik der Physik, Universität Duisburg-Essen)  
Lorenz Kampschulte (Außerschulische Lernorte, Deutsches Museum München)  
Anke Lindmeier (Didaktik der Mathematik, IPN Kiel)  
Anje Ostermann (Didaktik der Mathematik, IPN Kiel)  
Mathias Ropohl (Didaktik der Chemie, Universität Duisburg-Essen)  
Julia Schwanewedel (Didaktik des Sachunterrichts, Humboldt-Universität zu Berlin)

## **Eingeladene Teilnehmerinnen und Teilnehmer:**

Götz Biber (Bildungsadministration, LISUM, Berlin und Brandenburg)  
Kirsten Bohnen (Außerschulische Lernorte, Deutsches Museum Bonn)  
Jorge Groß (Didaktik der Biologie, Universität Bamberg)  
Marja van den Heuvel-Panhuizen (Didaktik der Mathematik, Universität Utrecht, NL)  
Jochen Kuhn (Didaktik der Physik, TU Kaiserslautern)  
Martin Merkt (Mediendidaktik, IWM Tübingen)  
Andreas Mühling (Didaktik der Informatik, CAU Kiel)  
Sandra Nitz (Didaktik der Biologie, Universität Koblenz-Landau)  
Volkhard Nordmeier (Didaktik der Physik, Freie Universität Berlin)  
Gesa Ramm (Bildungsadministration, IQSH, Schleswig-Holstein)  
Sascha Schanze (Didaktik der Chemie, Leibniz Universität Hannover)  
Martin Senkbeil (Erziehungswissenschaften, IPN Kiel)  
Hans-Georg Weigand (Didaktik der Mathematik, Universität Würzburg)  
Thomas Wilke (Didaktik der Informatik, CAU Kiel)  
Joachim Wirth (Lehr-Lern-Forschung, Ruhr-Universität Bochum)

## ÜBER DIE JOACHIM HERZ STIFTUNG

### **Joachim Herz Stiftung Verlag**

Seit 2013 publiziert die Joachim Herz Stiftung im eigenen Verlag. Mit Sach- und Fachbüchern sollen die gesellschaftlichen und fachlichen Diskurse um die Perspektiven ausgewiesener Experten bereichert und Handreichungen für Lehre und Unterricht gegeben werden. Studien erschließen neue Forschungsfelder und liefern Impulse für die Stiftungsarbeit und gesellschaftliche Entwicklungen. Die Publikationen aus den Programmbereichen Naturwissenschaften, Persönlichkeitsbildung und Wirtschaft begleiten die operative Arbeit der Stiftung, fassen Ergebnisse der Projektarbeit zusammen oder bilden Tagungen und Unterrichtsmaterialien ab.

### **Die Joachim Herz Stiftung**

Die gemeinnützige Joachim Herz Stiftung arbeitet überwiegend operativ und ist vorrangig in den Themenfeldern Naturwissenschaften, Wirtschaft sowie Persönlichkeitsbildung tätig. In diesen drei Bereichen werden auch kleine, innovative Projekte Dritter gefördert. Seit 2017 unterstützt die Stiftung zudem Forschungsprojekte in den Themenfeldern Medizin und Recht.

Die Joachim Herz Stiftung wurde 2008 errichtet und gehört zu den großen deutschen Stiftungen.

**[www.joachim-herz-stiftung.de](http://www.joachim-herz-stiftung.de)**

## WEITERE TITEL AUS UNSEREM VERLAGSPROGRAMM

### **Naturwissenschaften digital – Toolbox für den Unterricht**

Jenny Meßinger-Koppelt, Jörg Maxton-Küchenmeister (Hrsg.), 2018:

15 Beispiele zum praktischen Einsatz von digitalen Werkzeugen im Chemie-, Physik- und Biologieunterricht mit klaren Anleitungen, Angaben zu Zeitaufwänden, benötigten Geräten und Materialien sowie direkt einsetzbaren Unterrichtsmaterialien sind in diesem Band versammelt. Die meisten Ansätze sind auf andere Fächer übertragbar, sodass eine umfangreiche Toolbox für Lehrkräfte entstanden ist. Die Beiträge zeigen anschaulich auf, wo und wie digitale Werkzeuge den naturwissenschaftlichen Unterricht bereichern können. Sie gehen dabei nicht nur auf praktische Apps und Web-Ressourcen ein, sondern geben Tipps für die Umsetzung im eigenen Unterricht und stellen weiterführende Materialien zur Verfügung.

### **Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer**

Jenny Meßinger-Koppelt, Sascha Schanze, Jorge Groß (Hrsg.), 2017:

Computer, interaktive Whiteboards, Smartphones oder Tablets bieten neue Möglichkeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Schülerinnen und Schüler sind geübt im Umgang mit den Geräten – beste Voraussetzungen also für den Einsatz im Unterricht? Studien zeigen, dass Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern deutlich im Hintertreffen ist, wenn es darum, digitale Medien oder Computer im Schulunterricht zu nutzen. Woran liegt das? 30 Autorinnen und Autoren stellen die aktuellen Theoriediskussionen sowie Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte zum Bereich digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der Lehrerbildung dar.



## **Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Jörg Maxton-Küchenmeister, Jenny Meßinger-Koppelt (Hrsg.), 2014:

Die Alltags- und Berufswelt ist ohne Informationstechnologien nicht mehr vorstellbar. Doch was bedeutet das für den Schulunterricht, insbesondere für die techniknahen Naturwissenschaften? Wie gelingt im Schulalltag die Balance zwischen Kreidezeit und interaktivem Whiteboard nach mittlerweile über 30 Jahren mit Schulcomputern? Der vorliegende Sammelband zeigt zahlreiche Praxisbeispiele zum sinnvollen Einsatz digitaler Medien im Biologie-, Chemie- und Physikunterricht sowie den Stand der fachdidaktischen Forschung. Zu Wort kommen Hochschullehrende und Lehrkräfte aus ganz Deutschland und Österreich sowie die Digital Natives selbst.