pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)

Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie "Bildung in der digitalen Welt"

Bonn / Berlin 2021, 32 S.

Quellenangabe/ Reference:
Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK): Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie "Bildung in der digitalen Welt". Bonn / Berlin 2021, 32 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-261152 - DOI: 10.25656/01:26115

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-261152
https://doi.org/10.25656/01:26115

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.
This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Ständige wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK)

Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“

Bonn/Berlin, 7.10.2021

Inhalt

	Seite
Vorbemerkungen	3
Einleitung	3
Ausgangssituation: Digitalisierungsbezogene Kompetenzen und Nutzung digitaler Medien	4
Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung einer Strategie zur Bildung in der digitalen Welt	5
1. Bildungsziele und Kompetenzen unter Bedingungen der Digitalität definieren, operationalisieren und überprüfen	7
1.1 Fachliche und überfachliche Bildungsziele und Kompetenzen	7
1.2 Überprüfung der Zielbereiche digitaler Bildung im Bildungsmonitoring	10
1.3 Empfehlungen	10
2. Kompetenzentwicklung von Lernenden durch digital gestützte Prozesse des Lehrens und Lernens fördern	11
2.1 Empfehlungen	16
3. Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte für eine lernwirksame Nutzung digitaler Technologien professionalisieren	17
3.1 Empfehlungen	19
4. Technologiegestütztes Lehren und Lernen durch eine datenbasierte Schulentwicklung unterstützen	19
4.1 Empfehlungen	22
5. Leistungsfähige technische Infrastruktur und zuverlässigen Support sicherstellen	22
5.1 Empfehlungen	24
6. Strukturen für eine forschungsbasierte Entwicklung und Implementation digitaler Unterrichtstechnologien aufbauen	24
6.1. Empfehlungen	25
Literatur	27

Vorbemerkungen

Die Kultusministerkonferenz (KMK) hat am Ende des Jahres 2016 ihr Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ vorgelegt, das für die unterschiedlichen Bildungsetappen formuliert, vor welchen Herausforderungen der digitale Transformationsprozess im Bildungswesen steht. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen sind Ideen zu entwickeln, wie sich Lehr-Lernprozesse in den unterschiedlichen Bildungsetappen in einer zunehmend digitalen Welt verändern werden. Die Präsidentin der KMK hat gemeinsam mit den beiden Vorsitzenden der Lenkungsgruppe „Bildung in der digitalen Welt“ die Ständige wissenschaftliche Kommission gebeten, eine Stellungnahme abzugeben, welche Voraussetzungen geschaffen werden müssen, um das Bildungssystem auf gelingende Lehr-Lern-Prozesse unter Einbeziehung digitaler Hilfsmittel noch besser vorzubereiten. Dieser Bitte kommt die SWK mit diesem Papier nach.

Einleitung

Die digitale Transformation der Gesellschaft ist mit einschneidenden Veränderungen verbunden. Digitale Technologien sind zu einem festen Bestandteil der Lebensrealität vieler Menschen geworden. Für die Alltagskommunikation eröffnen soziale Medien neue Möglichkeiten der Vernetzung und Selbstpräsentation, deren Folgen für die individuelle und soziale Entwicklung erst in Ansätzen abzuschätzen sind. Für die öffentliche Meinungsbildung haben digitale Technologien das Potenzial, politische Mobilisierungs- und Entscheidungsprozesse erheblich zu verändern. In der Arbeitswelt führt die Digitalisierung zu dynamischen Entwicklungen, die mit Veränderungen der Arbeitsmittel, Werkzeuge und Technologien sowie neuen Formen der Mensch-Maschine-Interaktion einhergehen. Diese resultieren zugleich in veränderten Arbeitsinhalten und neuen, in der Regel komplexeren Arbeitstätigkeiten, sowie Veränderungen der Arbeitsorganisation und der betrieblichen und überbetrieblichen Kooperations- und Kommunikationskulturen (vgl. Baethge-Kinsky, 2019; Carls, Gehrken, Kuhlmann & Thamm, 2020). Automatisiert erzeugte Daten werden außerdem in unterschiedlichen Bereichen zunehmend für Steuerungs- und Controllingprozesse eingesetzt, wodurch die Wahrung von Persönlichkeitsrechten und der Datenschutz teilweise vor erhebliche Herausforderungen gestellt wird.

Aus diesen dynamischen Veränderungsprozessen ergeben sich neue Anforderungen an die Gestaltung von Bildungsprozessen in allgemeinbildenden Schulen, in der beruflichen und frühen Bildung sowie im Hochschulbereich. Die KMK hat auf diese Entwicklungen reagiert und 2016 das Papier „Bildung in der digitalen Welt“ verabschiedet. In diesem Papier wurden Handlungsfelder für Bildungsziele spezifiziert und Kompetenzen identifiziert, die Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen erfolgreiches Agieren und Partizipieren in einer digitalen Welt ermöglichen. Sie sollen auch die Basis für die Überarbeitung der Lehr- und Bildungspläne aller Fächer für alle Schulformen und Bildungsstufen bilden.

Darauf aufbauend muss es künftig darum gehen, die Potenziale digitaler Technologien für Lehr- und Lernprozesse im Regelbetrieb aller Bildungseinrichtungen besser als in der Vergangenheit zu nutzen, und zwar für den Erwerb aller Kompetenzen, der neu hinzugekommenen digitalisierungsbezogenen und der weiterhin relevanten fachlichen Kompetenzen. Die Nutzung digitaler

Medien ist dabei kein Selbstzweck. Technologien sollen vielmehr dort zum Einsatz kommen, wo sie fachspezifische und fächerübergreifende Lehr- und Lernprozesse sowie Bildungsprozesse unterstützen und vertiefen. Außerdem müssen sie selbst zum Gegenstand von Lernprozessen bzw. des Kompetenzerwerbs werden. Digitale Technologien können dabei analoges Lernen in Präsenz nicht ersetzen. Vielmehr geht es um die intelligente Nutzung digitaler Tools durch qualifizierte Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte an unterschiedlichen Lernorten im Rahmen eines didaktischen Gesamtkonzepts.

Ausgangssituation: Digitalisierungsbezogene Kompetenzen und Nutzung digitaler Medien

Im Vergleich zu anderen Ländern wies das deutsche Bildungssystem vor Ausbruch der Corona-Pandemie in der Nutzung digitaler Technologien im Bildungsbereich sowie in den digitalisierungsbezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler einen erheblichen Rückstand auf. In der ICILS Studie 2018 zeigte sich, dass rund ein Drittel der Schülerinnen und Schüler der achten Klasse nur über rudimentäre computer- und informationsbezogene Kompetenzen verfügte (Kompetenzstufen I und II auf der internationalen Skala; Eickelmann et al., 2019). In der internationalen Leistungsspitze fanden sich in ICILS kaum Schülerinnen und Schüler aus deutschen Schulen. Was die Nutzung digitaler Medien im Unterricht betraf, setzte nach eigener Auskunft nur ein Viertel der befragten Lehrkräfte in Deutschland täglich digitale Medien im Unterricht ein (Eickelmann et al., 2019). Die Schülerinnen und Schüler beurteilten die Situation noch weitaus skeptischer: Nur vier Prozent berichteten, dass digitale Medien täglich im Unterricht genutzt werden. Lehrkräfte nutzten digitale Tafeln vorwiegend für den Frontalunterricht. Dass Schülerinnen und Schüler selbst an einem Gerät recherchieren, rechnen oder Inhalte erarbeiten, war 2018 in Deutschland weiterhin eine Seltenheit. Dem entsprachen auch die schlechte digitale Ausstattung und die unzureichende Professionalisierung des pädagogischen Personals. Schließlich führte die fehlende Praxis der Computernutzung in deutschen Schulen dazu, dass 15jährige in den PISA-Erhebungen von 2015 und 2018, in denen die mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzen und das Leseverstehen mit Computern erfasst wurden, in ihren Leistungen abrutschten (Robitzsch, Lüdtke, Goldhammer, Kröhne & Köller, 2020).

Ähnlich wie in allgemeinbildenden Schulen stellt sich die Situation in der frühen Bildung dar. Lehrkräfte bzw. (frühpädagogische) Fachkräfte berichteten häufig eine ambivalente bis reservierte Einschätzung des Potenzials digitaler Medien (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020.) In der beruflichen Bildung scheint dagegen eine deutlich größere Offenheit sowie Erfahrung bezüglich der Nutzung digitaler Technologien zu bestehen. Insgesamt zeigt der Bildungsbericht 2020 (mit dem Schwerpunkt digitale Bildung) allerdings, dass viele Bildungseinrichtungen technisch nicht hinreichend ausgestattet sind und die Digitalisierung in der Aus- und Fortbildung des Personals bis dato von geringer Bedeutung war (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020). Die Autorinnen und Autoren des Bildungsberichts (S. 256) kommen dementsprechend zu der Einschätzung, dass die Potenziale digitaler Medien für die Unterstützung von Bildungsprozessen über alle Bildungsbereiche hinweg selten ausgeschöpft werden.

Die ungenügende Ausstattung und Erfahrung sowie die unzureichende Qualifizierung der Lehrkräfte für eine lernwirksame Nutzung digitaler Medien waren unter anderem Gründe dafür, dass das schulische Lehren und Lernen während des ersten pandemiebedingten Lockdowns im Frühjahr 2020 mit erheblichen Einschränkungen stattfand. Nach dem Ifo-Bildungsbarometer 2020 verbrachten in der ersten Corona-Welle 38 Prozent der Kinder und Jugendlichen weniger als zwei Stunden täglich mit Lernen und mehr als die Hälfte der Kinder hatte seltener als einmal die Woche gemeinsamen Online-Unterricht. Kontakt mit Lehrkräften fand bei zwei Dritteln der Kinder höchstens einmal die Woche statt (Wößmann et al., 202). Interaktive Unterrichtsmethoden kamen nach einer Studie von Heller und Zügel (2020) kaum zur Anwendung, stattdessen verschickten die Lehrkräfte Aufgaben und Arbeitsblätter per E-Mail und ließen ihre Schülerinnen und Schüler Texte lesen und schreiben. Das Schul-Barometer für Deutschland, Österreich und die Schweiz (Huber et al., 2020) ergab, dass zwei Drittel der Befragten der Schulen in Österreich und in der Schweiz ihre Schülerinnen und Schüler über Online-Lern- und Arbeits-Plattformen erreichten, in Deutschland nur ca. ein Drittel.

Die Ausstattung der Schulen sowie die computerbezogenen Fertigkeiten der Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler haben sich in Deutschland seit dem Frühjahr 2020 durch entsprechende Programme von Bund und Ländern erheblich verbessert. Dennoch werden auch noch im zweiten Lockdown erhebliche Defizite beim Onlineunterricht beschrieben (z. B. Wößmann et al., 2021). Sie wirkten sich insbesondere auf leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler und Kinder aus nicht-akademischen Haushalten aus.

So besteht in Deutschland nach wie vor ein erheblicher Nachholbedarf bei der Schaffung einer stabil funktionierenden Infrastruktur, die den Einsatz digitaler Lehr-Lern-Materialien zum Aufbau fachspezifischer und fächerübergreifender Kompetenzen in der Schule sowie in der frühen und beruflichen Bildung ermöglicht, bei der forschungsbasierten Entwicklung digitaler Lernprogramme und Werkzeuge und bei zielgerichteten Fortbildungsangeboten für eine lernwirksame Nutzung digitaler Technologien und Medien in Bildungseinrichtungen.

Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung einer Strategie zur Bildung in der digitalen Welt

Auch für den Einsatz digitaler Technologien und Werkzeuge in Bildungseinrichtungen aller Bildungsetappen gilt, dass die didaktische Qualität der Unterrichts- bzw. Interaktionssituation entscheidend für gelingende Lern- bzw. Bildungsprozesse ist. Deshalb ist es folgerichtig, bei der Identifikation von strategischen Handlungsfeldern für die Bildung in einer digitalen Welt einen besonderen Fokus auf Unterrichts- bzw. Lehr-Lernprozesse zu lenken. In der international ausgerichteten Bildungsforschung haben sich Input-Prozess-Output-Modelle (Ditton, 2000; Helmke, 2021) durchgesetzt, die Zusammenhänge zwischen Lernergebnissen, eingesetzten Ressourcen sowie Kern- und Unterstützungsprozessen modellieren. Schulische, vorschulische und auch berufliche Lehr-Lernprozesse (Kernprozesse) müssen an Zielen ausgerichtet werden, die fachliche und überfachliche (fächerübergreifende) Kompetenzen beschreiben. Die Qualität

der Lehr-Lern-Prozesse hängt einerseits von den Kompetenzen und Einstellungen der Lehrkräfte und pädagogischen Fachkräfte ab, die in den unterschiedlichen Phasen der Aus-, Fort- und Weiterbildung erworben und weiterentwickelt werden, anderseits von den verfügbaren Diagnose-, Lehr- und Fördermaterialien. Bei den Unterstützungsprozessen lassen sich unterschiedliche Ebenen unterscheiden: Schulmanagement und -entwicklung bzw. das Management von Einrichtungen der beruflichen und frühen Bildung tragen Sorge dafür, dass die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen über den Horizont der einzelnen Klasse bzw. Lerngruppe hinaus an gemeinsamen Lernzielen und Prinzipien ausgerichtet und nachhaltig verankert wird, Rahmenbedingungen für Lehr-Lernprozesse gesichert sind und eine kontinuierliche Personalentwicklung sowie Qualitätsentwicklung erfolgen. Organisationsmanagement und -entwicklung sind wiederum angewiesen auf eine Schulaufsicht bzw. eine Kitaaufsicht, die idealerweise auf der Grundlage eines datengestützten Controllings berät und unterstützt, auf Schulträger bzw. Bildungsträger, die für die räumliche, technische und administrative Infrastruktur Sorge tragen und auf Landesinstitute, Hochschulen oder andere Fortbildungseinrichtungen, die Materialien und Fortbildungsangebote bereitstellen. Entwickelt werden Materialien und Fortbildungsangebote im Idealfall auf der Grundlage wissenschaftlicher Befunde in Forschungs- und Entwicklungsprozessen an der Schnittstelle zur Wissenschaft.

Aus diesen allgemeinen Zusammenhängen von Outputs, Kern- und Unterstützungsprozessen sowie Inputs ergeben sich folgende Leitfragen für die Gestaltung von schulischen Lehr-Lernprozessen in einer digitalen Welt:

- Wie müssen fachbezogene und überfachliche Bildungsziele angesichts der Herausforderungen der Digitalität weiterentwickelt werden?
- Wie müssen Prozesse des Lehrens und Lernens unter Nutzung digitaler Technologien gestaltet werden, um alle Kinder, Jugendlichen und jungen Erwachsenen beim Kompetenzerwerb und in ihrem Bildungsprozess bestmöglich zu unterstützen?
- Wie können Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte für eine lernwirksame Nutzung digitaler Werkzeuge zur Diagnose und Förderung der Kinder, Jugendlichen und jungen Erwachsenen professionalisiert werden?
- Wie können die Kernprozesse des technologiegestützten Lehrens und Lernens durch eine datenbasierte Schul- bzw. Einrichtungsentwicklung unterstützt werden?
- Wie können eine leistungsfähige technische Infrastruktur sowie ein zuverlässiges Unterstützungsangebot für Bildungseinrichtungen sichergestellt werden?
- Wie können Strukturen für eine forschungsbasierte Entwicklung, Evaluation und Implementation digitaler Unterrichtstechnologien und Werkzeuge aufgebaut werden?

Aus diesen Leitfragen lassen sich wiederum sechs Punkte für die Formulierung einer Strategie der Organisation und Gestaltung von Lehr-Lernprozessen in der digitalen Welt ableiten, auf die im Folgenden eingegangen wird.[1]

[1] Während die für die allgemeinbildenden Schulen adressierten Punkte zur Gestaltung von Lernprozessen auch für die allgemeinbildenden Programme an beruflichen Schulen gelten, müssen Fragen der Digitalisierung mit Blick

1. Bildungsziele und Kompetenzen unter Bedingungen der Digitalität definieren, operationalisieren und überprüfen

1.1 Fachliche und überfachliche Bildungsziele und Kompetenzen

Bildungsprozesse vom Elementarbereich bis zum Ende der Sekundarstufe I des allgemeinbildenden Schulsystems sollen Kinder und Jugendliche unter anderem dabei unterstützen, die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen zu erwerben, die ihnen später einen erfolgreichen Übergang in die berufliche Erstausbildung bzw. in die Sekundarstufe II ermöglichen. Die gymnasiale Oberstufe - ob an allgemeinbildenden oder beruflichen Gymnasien oder an Integrierten Gesamtschulen - erfüllt neben der Berufsvorbereitung und vertieften Allgemeinbildung auch die Funktion der fachbezogen wissenschaftspropädeutischen und allgemeinen Studienvorbereitung. In der berufs- bzw. hochschulvorbereitenden Funktion des allgemeinbildenden Schulsystems sind fachliche und überfachliche Bildungsziele auszubalancieren (vgl. hierzu u. a. die Klieme-Expertise von 2003) zur Einführung von Bildungsstandards). Insgesamt wird in der Forschungsliteratur ein Anstieg berufsübergreifender Kompetenzanforderungen prognostiziert. Dabei ist allerdings unbestritten, dass berufsübergreifende Ziele die berufsspezifischen Ziele nicht ersetzen werden. Das Gleiche gilt für fachspezifische und überfachliche Ziele der allgemeinbildenden Schule.

Im Einzelnen lassen sich auf Basis vorliegender Studien neben den fachspezifischen folgende übergreifende Ziele akzentuieren, die die Handlungs- und Orientierungsfähigkeit in unsicheren, sich wandelnden professionellen Kontexten sichern können:

- Fähigkeiten zur Selbststeuerung des Lernens (Student Agency) als wesentlicher Faktor der Kompetenzentwicklung für die Handlungsfähigkeit eines Individuums (Dehnbostel, 2008)
- Abstraktionsfähigkeit, analytisches und symbolisches Denken (Winther, 2019) in den je fachbezogenen Ausprägungen.
- kooperative und kommunikative Kompetenzen zur Arbeit in agilen und virtuellen, auch interprofessionellen Teams sowie zur Kollaboration mit Geschäftspartnern und Interaktion mit Kunden und Klienten; Kreativität und Kompetenzen kritischer und systematischer Reflexion sowie allgemeine soziale Fähigkeiten (BIBB Datenreport, 2019; Härtel et al., 2018)
- digitalisierungsbezogene Einstellungen, um die „Wirkmacht von Technologien“ und die Unsicherheiten hinsichtlich langfristiger Effekte auf komplexe Sozial- und Ökosysteme einzuschätzen (Schwab, 2019, S. 31)

auf die vollqualifizierende Ausbildung teilweise gesondert betrachtet werden. Dies begründet sich einerseits in der Diversität beruflicher Kompetenzprofile und deren Veränderungsdynamik sowie durch den notwendigen Einbezug aller beruflichen Lernorte und der dort wirkenden Akteure und damit verbundenen Organisationsformen und Zuständigkeiten.

- Fähigkeiten zur kritisch-reflexiven Auseinandersetzung mit technikinduzierten beruflichen Kontroll- und Steuerungsmechanismen (vgl. Baethge-Kinsky, Kuhlmann & Tullius, 2018, S. 99) und zur proaktiven Gestaltung von Arbeitsbedingungen
- Kompetenzen und Verantwortungsbewusstsein im Feld von Datenschutz, Datensicherheit und Medienrecht sowie im Umgang mit digitalen Medien und sensiblen Technologien (Härtel et al., 2018).

Auf diese Zieldefinitionen beziehen sich auch die 21st Century Skills, die Antworten auf die Herausforderungen einer digitalisierten und technologisierten Gesellschaft im 21. Jahrhundert geben sollen. Das OECD-Framework (Ananiadou & Claro, 2009; OECD, 2019) sowie die Partnership for Twenty-first Century Skills (P21, 2019) beschreiben entsprechende Ziele von Bildungsprozessen. Die Basis dieser Konzeption bilden die Kernfächer (Core Subjects) schulischer Bildung. Learning and Innovation Skills umfassen im Framework der 21st Century Skills die so genannten 4 K's (4 C's): Kreativität (Creativity), Kritisches Denken und Problemlösefähigkeiten (Critical Thinking and Problem-Solving), Kommunikationsfähigkeit (Communication) und Kooperation (Collaboration). Hinter den Life und Career Skills in diesem Framework verbergen sich Dimensionen wie Flexibilität und Anpassungsfähigkeit, Eigeninitiative und Selbststeuerung, soziale und interkulturelle Kompetenzen, Produktivität und Rechenschaftslegung sowie Führungsqualitäten und Verantwortungsübernahme. Schließlich umfassen die Information, Media, and Technology Skills Kompetenzen im Bereich der aktiven Suche nach Informationen (Information Skills), eine kompetente Mediennutzung (Media Skills) und eine informatische Grundbildung (Technology Skills bzw. ICT Literacy).

Bezogen auf Information, Media, and Technology Skills existieren inzwischen normative Modelle, etwa als bundesweit umgesetzte Vorgaben der KMK (Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt") oder als Kompetenzstufenmodell der Europäischen Union (DigComp 2.1). Konsens besteht darüber, dass diese Kompetenzen bislang, wenn überhaupt, sehr stark außerschulisch erworben werden. Mit Blick auf die Schule wird in dem Papier der KMK argumentiert, dass die Vermittlung einer solchen ICT-Grundbildung und Medienkompetenz Aufgabe aller Fächer sein sollte. Ob und welchen spezifischen Beitrag das Fach Informatik liefern sollte, ist dabei zu klären.

Zusammenfassend lassen sich aus den existierenden Konzepten zu Bildungszielen im 21. Jahrhundert jenseits der Kernbestände der fachbezogene Bildungsstandards und berufsbezogenen Curricula, die weiterhin große Relevanz behalten, wenigstens drei große Bereiche zukünftigen Lehrens und Lernens identifizieren, die in unterrichtlichen Angeboten aller Bildungsetappen (vom Elementarbereich bis in die berufliche Bildung) zusätzlich unter Nutzung digitaler Medien adressiert werden müssen:[2]

[2] Aufgrund der Diversität berufsfachlicher Kompetenzprofile und deren dynamischer Veränderung ist die Operationalisierung und Standardisierung berufsfachlicher Kompetenzen eine Herausforderung und es besteht noch erheblicher Entwicklungsbedarf. Vor allem wegen der Ungleichzeitigkeit von digitalisierungsbezogenen Entwicklungen in den Unternehmen lässt sich allerdings nur schwer prognostizieren, welche Anforderungen und Kompetenzziele jeweils im Detail zu adressieren sind.

1) Fachspezifische digitale Kompetenzen und Reflexionshorizonte, die in der fachimmanenten Nutzung digitaler Medien bestehen, u. a. zur fachspezifischen Reflexion und Gestaltung digitaler Teilhabe (z. B. ethische und sprachtheoretische Reflexionen zur Kommunikation in sozialen Netzwerken, Blogbeiträge gestalten mit mathematisch und naturwissenschaftlich fundierten Stellungnahmen, usw., vgl. GFD-Positionspapier, 2018);
2) informations- und computerbezogene Kompetenzen (ICT-Literacy), deren Aufbau Aufgabe aller Fächer ist;
3) informatische Kompetenzen, die am ehesten in einem entsprechenden Fach Informatik aufgebaut werden können.

Dabei muss klar sein, dass nahezu alle Teilbereiche der fachlichen und überfachlichen Kompetenzen, die bereits vor der Digitalisierung relevant waren und beispielsweise in den Bildungsstandards der KMK oder in länderspezifischen Curricula ihren Niederschlag fanden, auch weiterhin zentral bedeutsam sind und die Potenziale digitaler Medien für ihren Aufbau genutzt werden sollten.

Ad 1): Fachspezifische digitale Kompetenzen bzw. Zieldimensionen fachbezogener Reflexionsfähigkeit über digitale Medien sind bislang nur rudimentär ausgearbeitet. Integriert sind in den 2020 verabschiedeten Abiturstandards für die drei naturwissenschaftlichen Fächer bereits Aspekte der Nutzung digitaler Tools für die Messung, Informationsrecherche und Informationsaufbereitung. In Zukunft ist für die gesamte Breite des Fächerkanons zu klären, wie die kompetente und fachlich fundiert reflektierte Nutzung digitaler Werkzeuge zum fachspezifischen Erkenntnisgewinn beitragen kann (GFD, 2018). Ein erster Schritt nach vorne, um zukunftsfähig zu sein, können hier die überarbeiteten Standards der KMK für den Primarbereich und die Sekundarstufe I darstellen. Beispiele für fachspezifische digitale Kompetenzen sind u. a. die kompetente Nutzung von computerbasierten Simulationen in den Natur- und Geowissenschaften, von Tabellenkalkulationen im Mathematikunterricht, von Datenbanken und digitalen Sammlungen im Geschichts- und Kunstunterricht (Digital Humanities) oder von Übersetzungsprogrammen in den modernen Fremdsprachen. Diese Fertigkeiten sind durch fachspezifische Reflexionskompetenzen zu ergänzen, z. B. ein ethischer und medienkulturgeschichtlich fundierter Respekt vor der Unantastbarkeit der digitalen Identität anderer Menschen oder politikwissenschaftliche Kriterien zur Verlässlichkeit von Quellen.

Ad 2): Für informations- und computerbezogene Kompetenzen hat die KMK bereits im Dezember 2016 in ihrem Konzept „Bildung in der digitalen Welt“ sechs Kompetenzbereiche aufgeführt, die an internationale Studien wie ICILS, das Framework der 21st Century Skills oder auch das Nationale Bildungspanel (NEPS) anschlussfähig sind. Die „Kompetenzen in der digitalen Welt“ umfassen folgende Bereiche: Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren, Kommunizieren und Kooperieren, Produzieren und Präsentieren, Schützen und sicher Agieren, Problemlösen und Handeln, Analysieren und Reflektieren. In dem Papier der KMK verpflichten sich die Länder dafür Sorge zu tragen, dass alle Schülerinnen und Schüler, die ab dem Schuljahr 2018/19 in die Grundschule oder Sekundarstufe I eingetreten sind, die sechs Kompetenzen bis zum Ende ihrer Pflichtschulzeit aufbauen können. Hierfür wird derzeit durch die Weiterentwicklung der Bildungsstandards der KMK für den Primarbereich (Deutsch, Mathematik) und

für die Sekundarstufe I (Deutsch, Mathematik, Englisch und Französisch, Biologie, Chemie, Physik), bei der die auf Digitalisierung bezogenen Kompetenzen aufgegriffen werden, eine ländergemeinsame Grundlage geschaffen.

Ad 3): In seinem Papier vom Oktober 2020 (Perspektiven der Informatik) hat der Wissenschaftsrat die schnelle und flächendeckende Einführung informatischer Bildung in den Schulen empfohlen und die Länder aufgefordert, dass sie den Ausbau des Faches Informatik forcieren mögen. In diesem Zusammenhang zeigt der aktuelle Informatik-Monitor 2021 der Gesellschaft für Informatik, dass flächendeckend in allen 16 Ländern bislang Informatik-Angebote (vielfach aber nicht verpflichtend) nur in der Sekundarstufe II des allgemeinbildenden Systems gemacht werden. In der Sekundarstufe I wird Informatik in den meisten Ländern als eigenes Fach in ausgewählten Jahrgangsstufen angeboten, wenige Länder verzichten in der Sekundarstufe I ganz auf den Informatikunterricht und ebenfalls wenige haben ihn obligatorisch in allen Klassenstufen verortet. Folgt man dem Papier des Wissenschaftsrats, so gibt es nachvollziehbare Gründe, die Erreichung der Ziele informatischer Bildung tatsächlich an ein Fach Informatik zu koppeln und zu erörtern, wie sich dieses in den Stundentafeln der Länder abbilden soll.

1.2 Überprüfung der Zielbereiche digitaler Bildung im Bildungsmonitoring

Im Rahmen von ICILS beteiligt sich Deutschland seit 2013 mit einer bundesweit repräsentativen Stichprobe von Schülerinnen und Schüler der 8. Jahrgangsstufe an der Feststellung von informations- und computerbezogenen Kompetenzen. ICILS findet alle fünf Jahre statt und adressiert seit 2018 auch den Bereich des Computational Thinking, der sich eher den informatischen Zielen schulischer Bildung zuordnen lässt. Im OECD-Programm PISA hat der Wechsel auf die computerbasierte Testung bereits zur Folge gehabt, dass beispielsweise im Bereich der Naturwissenschaften Simulationsaufgaben zu bearbeiten sind. In den Bildungsstandards der KMK für die Primarstufe und Sekundarstufe I, die aktuell überarbeitet werden, sollen digitale Kompetenzen in den einzelnen Fächern eine größere Rolle spielen. Anschließend werden auf dieser Grundlage für zukünftige Ländervergleiche (IQB-Bildungstrend) und Vergleichsarbeiten entsprechende Testaufgaben entstehen. Jenseits der Weiterentwicklung des Bildungsmonitorings wird es aber zentral sein, für die Umsetzung der weiter entwickelten Bildungsziele die Nutzung digitaler Systeme in zentrale Abschlussprüfungen ebenso verpflichtend zu implementieren wie in regelmäßig stattfindenden Klassenarbeiten.

1.3 Empfehlungen

Im Einzelnen empfiehlt die Ständige wissenschaftliche Kommission:

- Für den allgemeinbildenden Bereich eine bessere Abgrenzung von fachspezifischen, informatischen und informationsbezogenen Zielen, so dass drei unterscheidbare Kompetenzbereiche definiert und adressiert werden.

- Die Einleitung eines Prozesses der Definition und Operationalisierung informatischer Kompetenzen, ergänzend zu den bereits existierenden Kompetenzmodellen, der auch eine Klärung des Stellenwerts der Informatik in den Stundentafeln der Länder umfasst.
- Die Weiterentwicklung der Gesamtstrategie der KMK zur Qualitätssicherung im Bildungswesen hinsichtlich der Erfassung der drei Kompetenzbereiche in Large-scale Assessments. Dabei sollten auch Aufgabenformate des IQB-Bildungstrends und Vergleichsarbeiten so weiterentwickelt werden, dass die Nutzung digitaler Werkzeuge zu ihrer Beantwortung erforderlich wird und dass die in den weiterentwickelten Bildungsstandards fachbezogen definierten digitalen Kompetenzen miterfasst werden.
- Eine Ergänzung der Länderverordnungen über Klassenarbeiten und zentrale Abschlussprüfungen um Ausführungen zur obligatorischen Nutzung digitaler Werkzeuge bei der Aufgabenbearbeitung.

2. Kompetenzentwicklung von Lernenden durch digital gestützte Prozesse des Lehrens und Lernens fördern

Digitale Technologien bieten neue Potenziale für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen und können einen wichtigen Beitrag zur Unterstützung der Entwicklung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen von Lernenden leisten.

Mittlerweile zeigen viele empirische Studien, dass weder der bloße Zugang zur Technologie (z. B. Tablets im Unterricht) noch deren Nutzungshäufigkeit („je mehr, desto besser“) einen substanziellen Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler hat. Vielmehr müssen digital gestützte und analoge Lehr- und Lernformen so miteinander kombiniert werden, dass maximal lernförderliche Unterrichtsangebote resultieren. Hierauf weist eine Meta-Analyse von 1055 Einzelstudien hin (Tamim et al., 2011). Sie zeigt, dass digitale Lernangebote, die einen durch Lehrkräfte gestalteten Unterricht unterstützen (z. B. eingebettete Simulationen) signifikant höhere Effektstärken für die Lernzuwächse zeigen als unterrichtsersetzende Angebote (z. B. tutorielle Systeme).

Prinzipiell bieten digitale Technologien eine Reihe spezifischer Potenziale zur Steigerung der Qualität von Lehr-Lernprozessen: Sie erleichtern Lernenden, sich eigenständig Inhalte zu erarbeiten oder sie zu vertiefen, ihre Lernprozesse selbst zu steuern und ihren eigenen Lernfortschritt zu kontrollieren. Multimedia, Simulationen, Augmentierte oder Virtuelle Realitäten können den Schülerinnen und Schülern helfen, sich zusätzliche Erfahrungswelten zu erschließen und zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zu kommen. Digitale Technologien ermöglichen es darüber hinaus, Lerngelegenheiten adaptiv zu gestalten. Sie bieten neue Möglichkeiten der Diagnostik, die – im Rahmen des Datenschutzes und ethischer Grenzen - kontinuierlich und automatisiert ablaufen kann. Die Nutzung von Prozessdaten erlaubt es, auf spezifische Fähigkeiten oder Probleme von Lernenden automatisiert mit differenzierenden Lernangeboten oder individualisiertem Feedback zu reagieren, wodurch die Kompetenzen und die Motivation der Lernenden gesteigert werden können. Auch erleichtern digitale Formate kollaborative Lern- und Arbeitsformen und bieten dadurch zusätzliches Lernpotenzial

(Lachner et al., 2020). Im beruflichen Lernen bieten z. B. digitale Lernumgebungen und Medien wie Lernfabriken (vgl. Wilbers & Windelband, 2021), Planspiele (Kleinhans, 2018), Soziale Augmentierte Realität (Fehling, 2017) gute Chancen der Förderung kooperativer und kommunikativer Kompetenzen. Auch die Integration der verschiedenen Lernorte lässt sich über digitale Lernumgebungen verbessern (vgl. Schwan, Grajal & Lewalter, 2014; Schwenimann et al., 2015).

Erweiterte Möglichkeiten der (Lernverlaufs-)Diagnostik (z. B. Souvignier, 2018, Gebhardt et al., 2016, Thurm, 2020) und individuelle Selbstlernangebote sowie der Einsatz assistiver Systeme machen digitale Medien insbesondere auch für den Unterricht in heterogenen, inklusiven Lerngruppen nutzbar. Hier können Technologien Nachteile ausgleichen (Capovilla & Gebhardt, 2016) und zur Realisierung lernförderlicher Lernumgebungen beitragen (Bosse, 2019). Allerdings kommt dabei der Selbststeuerung, der Motivation sowie den literalen Fähigkeiten der Lernenden eine besondere Bedeutung zu. Gerade diese Basiskompetenzen des (nicht nur digitalen) Lernens sind bei leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern und solchen mit sonderpädagogischen Unterstützungsbedarfen im Lernen, der emotional-sozialen Entwicklung oder der Sprache vielfach eingeschränkt (Lauth, Brunstein & Grünke, 2014). Im Zusammenspiel von sprachlichen Verständnisschwierigkeiten, beeinträchtigten Lesefähigkeiten, eingeschränkten Planungs- und Strukturierungsfähigkeiten kann dies dazu führen, dass Kompetenzen nicht erworben werden, weil der Zugang zu digital verfügbaren fachlichen Inhalten erschwert wird. Daher bedarf es besonders für diese Zielgruppe der gezielten Erhebung der Lernausgangslagen und der strukturierten Unterstützung beim Aufbau der entsprechenden Basiskompetenzen.

Die neue Technik muss sinnvoll in den Unterricht integriert werden, damit ihr Potenzial ausgeschöpft werden kann (Zierer 2018, S. 63 f.). Digitale Technologien entfalten ihre Potenziale nicht automatisch, sondern nur, wenn entscheidende Qualitätsmerkmale guten Unterrichts berücksichtigt werden. Grundsätzlich wird Lernwirksamkeit im Unterricht nicht durch seine Oberflächenmerkmale (Organisations- und Sozialformen, Methoden, Medien) erreicht. Entscheidend sind vielmehr die Tiefenstrukturen, die fächerübergreifend häufig durch die drei Basisdimensionen Effizienz der Klassenführung, konstruktive Unterstützung und kognitive Aktivierung beschrieben werden (Klieme et al., 2009; Decristan et al., 2016; Praetorius et al., 2018). Dies passt zu Merkmalen lernwirksamen digital gestützten Unterrichts nach dem ICAP-Modell (Chi & Wylie, 2014), das zwischen vier Qualitätsstufen von Lernaktivitäten (passiv-rezeptive, aktive, konstruktive und interaktive) unterscheidet. Meta-Analysen im Bereich der konstruktiven Unterstützung zeigen z. B., dass tutorielle Systeme mit elaboriertem (d. h. auch fachdidaktisch gut fundiertem) Feedback höhere Effektstärken erzielen als bei reinem falsch/richtig-Feedback (Van der Kleij, Feskens & Eggen, 2015). Digitale Lernangebote, die kognitiv aktivierend sind, erzielen höhere Effektstärken als Angebote, die Inhalte nur präsentieren (Schmid et al., 2009) oder reine Drill and Practice Programme sind (ähnlich Hillmayr et al., 2020). Zur Automatisierung einfacher Basisfertigkeiten (z. B. arithmetische Fertigkeiten, Vokabellernen) können letztere dennoch sinnvoll sein und durch digitale Technologie motivierend (z. B. durch Gaming-Elemente) gestaltet sein.

Alle Lehrmethoden- und Medienentscheidungen - ob analog oder digital - sind im Sinne eines Primats der Didaktik immer in Abhängigkeit von Ziel- und Inhaltsfragen zu treffen. So erfordert eine fachdidaktisch treffsichere Fokussierung, dass der Unterricht tatsächlich die relevanten fachlichen Teilkompetenzen gemäß der Lernbedarfe der Schülerinnen und Schüler adressiert und sich nicht z. B. auf leichter digitalisierbare Fertigkeiten beschränkt (Meyer & Junghans, 2019). Für die vorschulische Bildung werden daneben zunehmend pädagogische Interaktionen als kompetenzförderlich hervorgehoben, die die Voraussetzungen von „Sustained Shared Thinking" (gemeinsame, geteilte Denkprozesse) erfüllen (Siraj-Blatchford et al., 2002).

Allerdings zeigen Sichtungen der existierenden digitalen Lernangebote, dass ihre lernpsychologische und fachdidaktische Qualität bislang oft nicht ausreicht, um die Verheißungen einer höheren Lernwirksamkeit entfalten zu können (Scheiter & Lachner, 2019; Thurm, 2020). Z. B. sind Erklärvideos und tutorielle Systeme bislang vor allem für hierarchieniedrige Fähigkeiten implementiert (z. B. Leseflüssigkeit, Grammatik- oder Rechenfertigkeiten, vgl. Jungjohann et al., 2018; Thurm, 2020), zu wenig dagegen für kognitiv anspruchsvollere Lernziele (z. B. Konzeptverständnis). Diese hierarchieniedrigen Fähigkeiten sind eine wichtige und notwendige Basis, mit einer einseitigen Fokussierung auf diese können die deutlich facettenreicheren Erwartungen der KMK-Bildungsstandards jedoch nicht erreicht werden. Da die zentralen Anforderungen an kognitive Aktivierung, fachdidaktisch treffsichere Fokussierung und konstruktive Lernunterstützung bislang nur teilweise umgesetzt sind, müssen fachdidaktisch reichhaltige digitale Lernangebote in forschungsbasierten Entwicklungsprozessen mit Forschungs-Praxis-Partnerschaften erst geschaffen werden, und zwar stets unter Einbezug lernpsychologischer, allgemeindidaktischer, fachdidaktischer und mediendidaktischer Qualitätskriterien, idealerweise mit empirischer Evidenz ihrer Lernwirksamkeit (vgl. Kap. 6). Die zu entwickelnden Materialien sollten im Sinne inklusiver Bildungsangebote und im Interesse einer Eröffnung digitaler Teilhabe für alle Schülerinnen und Schüler barrierefrei zugänglich sein und in ihrer Qualität geprüft werden (Schlüter et al., 2016).

Im Bereich der vorschulischen Bildung kann beispielsweise die Nutzung von E-Books, Computerprogrammen, interaktiven Whiteboards und Online-Ressourcen zu positiven Effekten auf die sprachliche Entwicklung führen (Cohen & Hemmerich, 2019). Auch wird digitalen Medien ein großes Potenzial im Kontext der frühen naturwissenschaftlichen Bildung und der Zusammenarbeit von Kindertageseinrichtungen und Familien beigemessen. Positive Effekte berichtet auch Chauhan (2017), hier auch für Kinder mit besonderen Problemen im mathematischen Bereich. Geeignete digitale Technologien erlauben z. B. eine lernförderliche Verknüpfung von Bewegung und Kognition durch Nutzung von „Embodied Cognition" Ansätzen (Dackermann et al., 2017).

In der beruflichen Bildung ist die Nutzung digitaler Technologien nicht nur auf die bestmögliche Förderung beruflicher und berufsübergreifender Kompetenzen gerichtet. Der souveräne Umgang mit digitalen Technologien und Werkzeugen ist zugleich Bestandteil beruflicher Handlungskompetenz. Für die Förderung einer reflexiven beruflichen Handlungskompetenz bieten digitale Lernumwelten eine Chance, betriebliches und berufsschulisches Lernen, fachli-

ches und überfachliches Lernen zu verbinden. Solche Verknüpfungen des Lernens in der Berufsschule und am Arbeitsplatz im Betrieb erfordern über die bisherige Praxis der Lernortkooperation hinausgehende curriculare und berufspädagogische Konzepte (vgl. dazu Tynjälä, Beausaert, Zitter & Kyndt, 2021), die Ausbildende und Lehrkräfte, ggfs. auch unter Einbezug weiterer, überbetrieblicher Lernorte und des dort tätigen (Aus)Bildungspersonals, gemeinsam entwickeln und in denen sie umfassend zusammenwirken.

Wie für alle Lernprozesse gilt auch für die in beruflichen Ausbildungsprozessen genutzten digitalen Medien und Technologien das Primat des (Berufs-)Pädagogischen und Didaktischen. Im Gegensatz zum allgemeinbildenden System liegen hierzu auch schon vielfältige Erfahrungen vor. So werden digitale Medien in Form von Simulationen seit vielen Jahren erfolgreich in der Ausbildung in verschiedensten Berufsfeldern eingesetzt, beispielsweise, um Montage- und Reparaturabläufe in technischen Berufen zu visualisieren und einzuüben, um Kompetenzen in der Fehlersuche in technischen Systemen zu fördern, um bestimmte herausfordernde Handlungssituationen in Gesundheitsberufen zu simulieren und Abläufe der Problembewältigung zu trainieren oder auch um komplexe betriebliche Zusammenhänge in Geschäftsprozessen in der kaufmännischen Ausbildung zu modellieren. Die Bandbreite der dabei verfolgten Kompetenzziele ist groß, sie reicht vom Trainieren bestimmter Fähigkeiten und (manueller) Fertigkeiten, über die Förderung bestimmter digitaler beruflicher Fachkompetenzen (z. B. Bedienung bestimmter digitaler Werkzeuge und Technologien) bis hin zur Entwicklung komplexer Problemlösekompetenzen und berufsübergreifender Kompetenzen.

Aufgrund der mit der Digitalisierung einhergehenden Beschränkungen in der Nachvollziehbarkeit von Prozessabläufen gewinnen digital-gestützte Simulationen, die ein Verständnis über Prozesszusammenhänge und Interdependenzen schaffen und die den Aufbau eines systemischen und vernetzten Wissens fördern, in den verschiedensten Berufen an Bedeutung. So kann beispielsweise Augmented Reality fehlende Einblicke in Wirkungszusammenhänge komplexer, automatisierter Maschinen und Anlagen in einer Vielzahl gewerblich-technischer Ausbildungen über Visualisierung unterstützen (vgl. Fehling, 2017). Digitale Lernumgebungen und Medien wie Lernfabriken (vgl. Wilbers & Windelband, 2021), Planspiele (Kleinhans, 2018), Social Augmented Reality (Fehling 2017) etc. bieten – neben der Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen – ebenso gute Chancen der Förderung kooperativer und kommunikativer Kompetenzen. Allerdings zeigt ein systematisches Review zum Einsatz digitaler Technologien für die Verbesserung von Kooperations- und Kommunikationsfähigkeiten (vgl. Schwendimann et al., 2018), dass die Forschungslage zur Nutzung kollaborativer digitaler Tools für die Förderung der prozess- und teamübergreifenden Zusammenarbeit auch im beruflichen Ausbildungskontext noch denkbar schmal ist.

In allen Bildungsphasen und bei allen Lerngegenständen gehört zur gelungenen unterrichtlichen Einbettung von digitalen Werkzeugen auch das Constructive Alignment der digital unterstützten Lernkultur mit der Prüfungskultur. Prüfungsmethoden sollten stets so gestaltet werden, dass sie die vorher formulierten Lernziele valide überprüfen können. Digitale Technologien können generell zentrale Prüfungsprozesse vereinfachen. Noch wichtiger in diesem Kontext ist

aber, dass die Prüfungen auch die gezielt eingeführte Nutzung digitaler Werkzeuge mitberücksichtigen, z. B. im Fach Mathematik die Integration von Tabellenkalkulationsanforderungen in die Prüfung zum Mittleren Schulabschluss oder die Nutzung von computeralgebrafähigen Geräten im Abitur.

In der beruflichen Bildung wird ebenfalls an technologiebasierten Modellen gearbeitet, die sich sowohl als Lernumgebung als auch zur Prüfung beruflicher Kompetenzen einsetzen lassen (vgl. Beck, Landenberger & Oser, 2016).

Im KMK-Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ wird argumentiert, dass die Vermittlung einer digitalisierungsbezogenen Grundbildung Aufgabe aller Fächer sein sollte. Hierfür wird derzeit durch die Weiterentwicklung der Bildungsstandards der KMK für den Primarbereich (Deutsch, Mathematik) und für die Sekundarstufe I (Deutsch, Mathematik, Englisch und Französisch, Biologie, Chemie, Physik), bei der die auf Digitalisierung bezogenen Kompetenzen aufgegriffen werden, eine ländergemeinsame Grundlage geschaffen. In den weiterentwickelten Standards werden Erwartungen zum Einsatz digitaler Medien zum fachspezifischen aber auch zum überfachlichen digitalen Lernen formuliert. Die mit den Bildungsstandards definierten Kompetenzziele werden nach deren Verabschiedung durch die KMK von den Ländern zu implementieren sein. Die Weiterentwicklung der Bildungsstandards muss in hochwertigem Unterrichtsmaterial münden, das sich auf die darin definierten digitalisierungsbezogenen Kompetenzziele im Umgang mit digitalen Medien bezieht und fachspezifische wie überfachliche Inhalte thematisiert. Um Lehrkräfte bei der Weiterentwicklung ihres Unterrichts möglichst zügig und effizient zu unterstützen, sollten die Länder eine gemeinsame, arbeitsteilig angelegte Strategie zur Bereitstellung qualitätsgesicherten Unterrichtsmaterials und entsprechender Fortbildungsangebote entwickeln und umsetzen. Hierbei kann ggf. an die Entwicklung illustrierender Lernaufgaben angeknüpft werden, die aktuell im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung der Bildungsstandards stattfindet.

Anders als in den mathematisch-naturwissenschaftlichen und sprachlichen Fächern steht im Bereich der Didaktik der Informatik die empirisch ausgerichtete Forschung noch am Anfang. Es fehlen weitgehend empirisch abgesicherte Erkenntnisse, wie Material und Prozesse gestaltet werden müssen, um erfolgreich informatische Kompetenzen zu erwerben. Für das Fach Informatik wird es daher in den kommenden Jahren wichtig sein, Konzepte für einen lernförderlichen Unterricht zu definieren sowie Unterrichtseinheiten und Unterrichtswerkzeuge zu entwickeln, mit denen informatische Kompetenzen erfolgreich vermittelt werden können. Damit verbunden werden müssen Anstrengungen zur Professionalisierung von Informatiklehrkräften in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung.

Die Diversität der beruflichen Fächer und die aus der Nähe zur Arbeitswelt resultierende Veränderungsdynamik in den Berufsfeldern begrenzen die Möglichkeiten zur Standardisierung von digitalen Lernumwelten, Diagnose-und Fördermaterialien. Es ist daher ein hohes Maß an Flexibilität in der Gestaltung digitalen Lehrens und Lernens vor allem auch seitens der Lehrkräfte notwendig.

2.1 Empfehlungen

Im Einzelnen empfiehlt die Ständige wissenschaftliche Kommission:

- Die Entwicklung und Evaluation didaktischer Konzepte für die Einbettung digitaler Medien im Unterricht unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der allgemeindidaktischen, lernpsychologischen, medienpädagogischen und fachdidaktischen Forschung zu lernwirksamen Merkmalen des Unterrichts.
- Die Entwicklung und Evaluation frühpädagogischer Konzepte für die Einbettung digitaler Medien in der frühen Bildung unter Berücksichtigung der frühpädagogischen Forschung zu Merkmalen anregender Lerngelegenheiten.
- Den fachdidaktisch treffsicheren Einsatz digitaler Medien im Rahmen von Lehr-Lern-Szenarien, z. B. zur kognitiven Aktivierung und zur Übung von Fertigkeiten.
- Die Entwicklung und Implementation digital unterstützter Verfahren zur formativen und summativen Diagnostik inklusive adaptivem Feedback in Verbindung mit Strategien und Förderung - insbesondere von Schülerinnen und Schülern sowie Kitakindern mit besonderem Unterstützungsbedarf.
- Die verstärkte Nutzung digitaler Technologien und Materialien (z. B. Simulationen, interaktive Visualisierungen) und digital unterstützter kollaborativer Arbeitsformen zur gezielten Förderung des Verständnisses von Prozesszusammenhängen und Interdependenzen sowie eines systemischen und vernetzten Denkens und Wissens.
- In der beruflichen Bildung: Die Nutzung digitaler Technologien zum Zusammenwirken der Lernorte und besseren Verknüpfung betrieblichen und berufsschulischen Lernens, fachlichen und überfachlichen Lernens und ggf. einer systematischen Einbindung eines dritten Lernorts (z. B. überbetrieblicher Träger).
- Die Entwicklung digital unterstützter Verfahren zur Feststellung von Lern- und Leistungsfortschritten unter Beachtung des konstruktiven Alignments von Lern- und Prüfungskultur.
- In der beruflichen Bildung: Weiterentwicklung der kompetenzorientierten Abschlussprüfungen in der dualen und vollzeitschulischen beruflichen Ausbildung, die auch digitalisierungsbezogene Bestandteile beruflicher Fachkompetenz einschließen, und für die digitale Testumgebungen und Tools genutzt werden, um Authentizität und Validität der Abschlussprüfungen zu erhöhen.
- Die Implementierung der weiterentwickelten Bildungsstandards in den Unterricht in einem länderübergreifend abgestimmten Prozess sowie die Entwicklung einer Strategie zur Unterstützung von Schulen, die Umsetzungsschritte und Verantwortlichkeiten definiert.
- Die Formulierung forschungsbasierter Ansätze für einen lernförderlichen Informatikunterricht sowie die Entwicklung von Unterrichtseinheiten und Unterrichtswerkzeugen, mit denen informatische Kompetenzen vermittelt werden können.

3. Lehrkräfte und pädagogische Fachkräfte für eine lernwirksame Nutzung digitaler Technologien professionalisieren

Der Einsatz digitaler Technologien im Unterricht und die lernwirksame Kombination digital gestützter und analoger Lehr- und Lernformen stellen hohe Anforderungen an die professionelle Kompetenz der Lehrkräfte. Die Professionalisierung der Lehrkräfte ist daher ein zentraler Faktor, der das Gelingen digitaler Bildung und eine lernförderliche Nutzung digitaler Technologien im Unterricht maßgeblich beeinflusst (vgl. auch Scheiter & Lachner, 2019).

Die Zielbereiche der Professionalisierung von Lehrkräften werden in Modellen zur professionellen Kompetenz beschrieben (z. B. Baumert & Kunter, 2006), die zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogischem Wissen differenzieren. In den letzten Jahren wurden diese Modelle um digitalisierungsbezogene Kompetenzen erweitert. Das prominente Technological Pedagogical Content Knowledge Modell (TPACK; Mishra & Koehler, 2006) geht davon aus, dass Lehrkräfte im Unterricht fachliches, fachdidaktisches, pädagogisches und technologisches Wissen integrieren müssen. Auch die KMK hat 2019 die bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Standards für die Lehrkräftebildung um entsprechende digitalisierungsbezogene Kompetenzen erweitert (KMK, 2019a, 2019b). Für das Verständnis digitalisierungsbezogener Kompetenzen ist es wichtig, analog zu bestehenden Modellen professioneller Kompetenzen von Lehrkräften (Blömeke et al., 2015) das Kompetenzkonzept breit zu fassen, und auch die Motivation und die Überzeugungen der Lehrkräfte im Hinblick auf den Einsatz digitaler Technologien im Unterricht einzubeziehen (Backfisch et al., 2020, Lachner et al., 2020).

Das in der beruflichen Aus- und Weiterbildung tätige Lehrpersonal benötigt darüber hinaus fundiertes Wissen über Digitalisierungsprozesse in der Arbeitswelt (Bonnes und Schumann (2021, S. 8). Es umfasst nicht nur den fachkompetenten Umgang mit digitalen Geräten, Werkzeugen und Technologien in den jeweiligen Berufen, sondern auch das Wissen um die Veränderungen in den Wertschöpfungsprozessen, um neue Geschäftsmodelle, durch die sich Inhalte des Lernens und Kompetenzziele verändern.

Der Forschungsstand zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften im Hinblick auf digitalisierungsbezogene Kompetenzen in Deutschland zeigt die hohe Relevanz der schulischen Innovationskultur, damit Lehrkräfte einen ersten Einsatz von digitalen Medien wagen (vgl. auch Abschnitt 6). Die existierenden Befunde weisen darauf hin, dass sich Lehrpersonen in Deutschland als weniger kompetent einschätzen, digitale Technologien im Unterricht zu nutzen als der europäische Durchschnitt (Thurm & Barzel, 2020). In motivationaler Hinsicht besteht bei vielen Lehrkräften eine skeptische Haltung gegenüber den Potenzialen digitaler Medien zur Verbesserung von Lehr-Lernprozessen (Drossel et al., 2019). Eine Studie mit Lehramtsstudierenden zeigt weiterhin, dass viele von ihnen, insbesondere jene ohne mathematisch-naturwissenschaftliches Unterrichtsfach, im Sinne einer negativen Binnenselektion über vergleichsweise geringe digitalisierungsbezogene Kompetenzen verfügen (Senkbeil et al., 2020). Auch zeigt sich, dass digitale Medien im Unterricht vor allem genutzt werden, um analoge Praktiken zu

ersetzen und nicht um sie lernförderlich zu ergänzen, sodass hier keine substanzielle Verbesserung der Unterrichtsqualität zu erwarten ist. Um angehende und berufstätige Lehrkräfte für eine Nutzung digitaler Werkzeuge zur Diagnose und Förderung von Lernprozessen zu professionalisieren, sind folgende Punkte entscheidend:

- Die Professionsforschung deutet darauf hin, dass eine Konzentration auf Fortbildungsangebote zum technologischen Wissen von (angehenden) Lehrkräften zu kurz greift (Mishra & Koehler, 2006, Clark-Wilson, Robutti & Sinclair, 2014). Stattdessen scheinen bildungswissenschaftlich und fachdidaktisch verschränkte digitalisierungsbezogene Professionalisierungsangebote erforderlich, um die fachdidaktisch treffsichere Einbindung der digitalen Technologien in den Unterricht fachbezogen zu thematisieren und zu unterstützen (s. auch KMK, 2019a, 2019b, Clark-Wilson et al., 2014).
- Trotz aktueller Initiativen wie der Qualitätsoffensive Lehrerbildung, des Programms „Digitalisierung in der Lehrerbildung“, oder „Lehrerbildung für die beruflichen Schulen“ und zahlreicher Einzelprojekte fehlt bislang an vielen Hochschulen eine flächendeckende, kohärente Verankerung des Themas in der Lehrkräftebildung, sei es in Schools of Education oder auf der Ebene der Hochschulleitungen. Dies gilt insbesondere auch für die Verbindung der Professionalisierungsaufgaben Inklusion und Digitalität: Fragen der barrierefreien Gestaltung digitaler Lernangebote und Dokumente werden bislang auch an Hochschulen noch wenig adressiert. Die Entwicklung entsprechender Gesamtstrategien an den Hochschulen sowie die Vernetzung der Angebote mit jenen der zweiten Phase stellt nach wie vor eine wichtige Herausforderung und Aufgabe für die Lehrkräftebildung dar (Scheiter & Lachner, 2019, van Ackeren et al., 2019).
- Mit Blick auf die Fortbildung von Lehrkräften im Beruf ist eine kontinuierliche Sicherung und Aktualisierung der benötigten Kompetenzen erforderlich (van Ackeren et al., 2019). Auch ist eine stärkere Berücksichtigung von Erkenntnissen über Merkmale wirksamer Fortbildungen angezeigt. Wirksame Fortbildungen zeichnen sich unter anderem aus durch einen fachlich-fachdidaktischen Fokus, aktives Lernen der Teilnehmenden, Kohärenz des Angebots, und die Organisation in mehrteilige Fortbildungen für Teams derselben Schule (mit Input-, Erprobungs- und kollektiven Reflexionsphasen) (Desimone, 2009; Lipowsky, 2010). Hier ist oftmals eine deutliche Diskrepanz zwischen diesen Merkmalen und den tatsächlich verfügbaren Fortbildungsangeboten für Lehrkräfte zu konstatieren. Viele Angebote fokussieren primär technologisches Wissen, sind nur überfachlich angelegt, zu wenig mit anderen Angeboten abgestimmt, von zu geringer Dauer (oft nur wenige Stunden) und eine Wissensanwendung im eigenen Unterricht mit nachfolgender Möglichkeit zur Reflexion in der Fortbildung ist selten vorgesehen.
- Schließlich bieten digitale Technologien auch für die Lehrkräftebildung großes Potenzial, da sie analog zum schulischen Unterricht zusätzliche Potenziale bei der Förderung professioneller Kompetenzen der Lehrkräfte, beispielsweise durch Simulationen, Repräsentation und Analyse von Verhalten in Unterrichtsvideos und (automatisiertes)

Feedback. Außerdem senken digitale Angebote Zugangsschwellen zu Fort- und Weiterbildung, erhöhen die Zeitsouveränität der Teilnehmenden und ermöglichen Kollaboration auf Distanz. Dies ist insbesondere für die Organisation umfangreicher Fort- und Weiterbildungsangebote für Leitungskräfte von großer Bedeutung.

3.1 Empfehlungen

Im Einzelnen empfiehlt die Ständige wissenschaftliche Kommission:

- Die flächendeckende und systematische Verankerung des Themas Digitalisierung in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung für allgemeinbildende und berufliche Schulen sowie in der Ausbildung pädagogischer Fachkräfte.
- Die Konzeption von Fortbildungsangeboten auf der Basis wissenschaftlicher Befunde zu effektiven Fortbildungen, die Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen umfassen und insbesondere auf die fachdidaktisch treffsichere Einbindung der digitalen Technologien in den Unterricht und in die frühpädagogische Praxis ausgerichtet sind.
- Die (kontinuierliche) Qualifizierung des Personals in der Aus- und Fortbildung (Train-the-Trainer).
- Den systematischen Einbezug von sozialen, ethischen und ökonomischen Fragen der Digitalisierung in Fortbildungsangebote. Dazu gehören z. B. Fragen der Veränderung von Kommunikations- und Entscheidungsprozessen oder der Veränderungen der betrieblichen und überbetrieblichen Organisation von Arbeit.
- Die verstärkte Nutzung der Potenziale digitaler Technologien für die Lehrkräfteaus- und -fortbildung sowie für die Ausbildung pädagogischer Fachkräfte (z. B. digitale Self-Assessments zur Überprüfung der Kompetenzen; Simulationen und Augmented Reality zur Förderung von Handlungs(vorläufer)kompetenzen) und die verstärkte Entwicklung und Implementation zeitlich und räumlich flexibler Angebote.
- In der beruflichen Bildung: Die Entwicklung und Implementation gemeinsamer digitalisierungsbezogener Fortbildung von Berufsschullehrkräften, betrieblichem und überbetrieblichem Personal.
- Die Weiterentwicklung von digitalen Plattformen, die Unterrichtsvideos, Konzepte und Materialien für Zwecke der Fortbildung sammeln, indexieren und dem Personal in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften und pädagogischen Fachkräften zugänglich machen (z. B. Metavideoportal).

4 Technologiegestütztes Lehren und Lernen durch eine datenbasierte Schulentwicklung unterstützen

Eine lernwirksame Nutzung digitaler Technologien und Werkzeuge im Unterricht bedarf einer koordinierten Schulentwicklung, in deren Mittelpunkt die Sicherung und Entwicklung der Unterrichtsqualität steht (vgl. Kap. 2) und die von kompetenten Akteuren in Kollegium, Schulleitung und Schulbehörde getragen wird. Der Einsatz digitaler Technologien in der Schule muss

über einzelne Fächer, Fachrichtungen und Jahrgangsstufen hinweg koordiniert werden. Schulentwicklung mit dem Ziel der Implementation digitaler Technologien sollte maßgeblich curricularen und pädagogischen Zielen folgen. Im Idealfall kann Digitalisierung als Impuls für die Unterrichtsentwicklung begriffen und gemeinsam umgesetzt werden (Kerres & Heinen, 2017). Die Orientierungsrahmen für Schulqualität der Länder, in denen die Zielperspektiven und Aufgaben von Lehrkräften und Schulleitungen formuliert sind, können als Bezugsrahmen für eine digitalisierungsbezogene Schulentwicklung dienen.

Schulen sind aufgefordert, ein Medienbildungskonzept im Einklang mit dem schuleigenen Curriculum und dem Schulprogramm zu entwickeln, das anknüpfend an den Kompetenzstand der Schülerinnen und Schüler und bezogen auf standortspezifischen Gegebenheiten konkrete Ziele, Maßnahmen und Überprüfungszeiträume zur abgestimmten Nutzung digitaler Technologien und digitaler Werkzeuge formuliert. Dieses Konzept bildet auch die Grundlage für die Erfassung der Fortbildungsbedarfe und die Fortbildungsplanung. Bei der Entwicklung von Medienbildungskonzepten benötigen Schulen professionelle Unterstützung. Entsprechende Beratungsangebote bzw. Fortbildungsangebote für Schulleitungen müssen über die Schulaufsicht in Zusammenarbeit mit den Landesinstituten bereitgestellt bzw. ausgebaut werden.

Die breite Implementation digitaler Technologien in Schulen stellt hohe Anforderungen an Schulmanagement und -entwicklung, bietet aber auch Potenziale für die Organisation schulischer Informations-, Abstimmungs- und Kooperationsprozesse (Tulowitzki & Gerick, 2020). Bereits etabliert hat sich vielerorts z. B. die Einrichtung beruflicher E-Mail-Adressen oder die Nutzung von Messaging-Diensten. Hier sind allerdings noch datenschutzrechtliche Fragen zu klären. Auch erleichtern digitale Technologien eine niedrigschwellige digitale Kommunikation. Sie können analoge Formate der Elternarbeit ergänzen und (insbesondere schwer erreichbare) Eltern kontinuierlich über den Unterricht oder die Lernentwicklung des eigenen Kindes informieren. Die multiprofessionelle Kooperation im Jahrgangs- oder Fachteam in Bezug auf die gemeinsame Unterrichts- oder Projektplanung oder die fallbezogene Zusammenarbeit zur individuellen Förderplanung von Kindern mit sonderpädagogischen Unterstützungsbedarfen kann darüber systematisiert und gemeinsam zu bearbeitende Dokumente können allen zugänglich gemacht werden (Neumann et al., 2021). Digitale Technologien können außerdem schulinterne und -externe Kooperationen oder Vernetzungen mit anderen Schulen oder mit Hochschulen sowie mit betrieblichen sowie außerbetrieblichen Lernorten im Sinne des Professional Learning Networks (Brown & Poortman, 2019) unterstützen.

Einen besonderen Stellenwert hat die Nutzung digitaler Technologien für eine datengestützte Schulentwicklung und Qualitätssicherung (Mandinach & Schildkamp, 2021). Zu nennen wäre hier die automatisierte Rückmeldung von Daten an Kollegien, Schulleitungen und Schulaufsicht. Eine rasche digitale Bereitstellung und graphische Aufbereitung relevanter Daten, beispielsweise aus Vergleichsarbeiten, können zur Etablierung und Aufrechterhaltung eines kontinuierlichen schulischen Qualitätszyklus einen wichtigen Beitrag leisten.

Für eine nachhaltige Verankerung datenbasierter Entscheidungen in Schulen ist die Entwicklung von Informationsmanagementsystemen unverzichtbar. Diese definieren Kernindikatoren

für Kontext-, Input-, Prozess- und Outputqualität sowie Standards für die Datenaufbereitung und -darstellung (Mintrop & Coghlan, 2018). Informationsmanagementsysteme sollten – wo noch nicht vorhanden – auf Landesebene, idealerweise in Abstimmung zwischen mehreren Ländern entwickelt werden. Dabei sollte auch geprüft werden, inwiefern neue Verfahren wie Learning Analytics oder Data Mining zur Gewinnung relevanter Daten für Planung, Qualitätssicherung und -entwicklung an Schulen auf unterschiedlichen Ebenen (Schule, Schulaufsicht, Schulbehörde) genutzt werden können (Schildkamp, 2019).

Im Zusammenhang mit der digitalen Unterstützung datenbasierter Entscheidungen sollten außerdem die Überlegungen zu einem Kerndatensatz (KMK, 2011) wieder aufgenommen werden. Insbesondere die Verknüpfung von Daten aus den amtlichen Schulstatistiken (bspw. Versetzungen, Übergänge, Noten) und aus Vergleichsarbeiten sind hinsichtlich ihrer Potenziale für die schulische Qualitätsentwicklung sowie für ein differenziertes und für Belange der Qualitätssicherung aussagefähiges Monitoring zu prüfen. Längsschnittliche Datenstrukturen geben Aufschluss über variierende Muster und die Bedingungen von Bildungsverläufen (vgl. Blossfeld, Rossbach & von Maurice, 2011; Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020). Chancen einer Verknüpfung von Daten (vgl. Fickermann, 2021) liegen unter anderem in der Abstimmung schulischer Fördermaßnahmen sowie erforderlicher Ressourcenbemessungen (bspw. zur Bearbeitung der Corona-Folgen) anhand diagnostischer Informationen sowie in der Evaluation struktureller Maßnahmen. Potenziale ergeben sich auch für die Begleitung der Umsetzung sowie für die Evaluation von Wirkungen von Digitalisierungsmaßnahmen in der Schule selbst.

Die Gewinnung und Bereitstellung von Daten allein ist allerdings wenig wirksam (Mandinach & Schildkamp, 2021). Sie muss eingebettet sein in Verfahren der Qualitätsentwicklung wie z. B. Entwicklungsgespräche zwischen Schulleitung und Lehrkräften oder Zielvereinbarungen zwischen Schulaufsicht und Schulen. In der beruflichen Bildung sind zudem auch die betrieblichen Kooperationspartner für Entwicklungsprozesse relevant. Die Akzeptanz datengestützter Qualitätssicherung hängt nicht zuletzt ab von transparenten Regelungen und Partizipationsmöglichkeiten, die einer missbräuchlichen Datenverwendung vorbeugen. Insbesondere der Schulleitung kommt bei der Schaffung einer „Culture of Inquiry“ (Katz & Dack, 2014) eine wichtige Rolle zu.

Die Nutzung digitaler Technologien setzt eine Data Literacy der beteiligten Akteure voraus (Mandinach & Gummer, 2016). Diese kann durch Fortbildungsprogramme (z. B. auch durch (in-house) Daten-Coaches) für Schulleitungen, Steuergruppen sowie die Schulaufsicht gefördert werden. Landesinstitute bzw. Qualitätsagenturen der Länder sollten hier ebenso wie die Wissenschaft unterstützen.

Eine koordinierte Implementation und Nutzung digitaler Technologien und Werkzeuge erfordert auch die Einrichtung neuer schulischer Funktionsstellen im Schnittfeld von fachdidaktischen und technischen Anforderungen. Diese Funktionsstellen können die Entwicklung eines Medienbildungskonzepts unterstützen und eine basale technische Unterstützung gewährleisten.

Eine Klärung der unterschiedlichen Rollen und Funktionen im Entscheidungsgeflecht von Schule, Schulträger und Schulaufsicht ist unverzichtbar. Die während der Pandemie implementierten schnellen (Not-)Lösungen sollten zu diesem Zweck kritisch geprüft werden und in klar gegeneinander abgegrenzte Aufgaben- und Funktionsbeschreibungen überführt werden.

4.1 Empfehlungen

Im Einzelnen empfiehlt die Ständige wissenschaftliche Kommission:

- Die Ergänzung der Referenz-, Handlungs- bzw. Qualitätsrahmen der Länder um Indikatoren einer lernförderlichen, digitalisierungsbezogenen Schulentwicklung, sofern dies nicht bereits erfolgt ist.
- Die Schaffung von schulischen Funktionsstellen im Schnittfeld von mediendidaktischen, fachdidaktischen und informationstechnischen Kompetenzen zur Koordination der Medienbildungskonzepte und der Gewährleistung eines Basissupports.
- Die Bereitstellung von Unterstützungsangeboten für Schulleitungen und Leitungen von Kitas zur Formulierung und Implementation von Medienbildungskonzepten sowie zur Auswahl geeigneter digitaler Technologien (z. B. Handreichungen und Beratung).
- Die verstärkte Nutzung digitaler Technologien und Materialien zur Zusammenarbeit mit Bildungspartnern (z. B. Eltern) in der frühen Bildung sowie in der Schule und in der beruflichen Bildung vor allem mit den betrieblichen und überbetrieblichen Partnern.
- Die digitale Aufbereitung und Bereitstellung von Daten für Schulleitungen und Schulaufsicht bzw. Kitaleitungen und Kitaaufsicht auf der Grundlage eines Informationsmanagementkonzepts, das zentrale Indikatoren und Kennwerte definiert und die Einbettung der Datenrückmeldung in transparente und partizipative Verfahren der Qualitätsentwicklung.

5 Leistungsfähige technische Infrastruktur und zuverlässigen Support sicherstellen

Damit die beschriebenen Potenziale digitaler Technologien effektiv und effizient genutzt werden können, sind einerseits - auch im länderübergreifenden Dialog - datenschutzrechtliche Fragen zu klären; Andererseits ist die Ausstattung aller Schulen mit einer robusten IT-Infrastruktur eine notwendige Grundvoraussetzung. Hier sind in erster Linie die Schulträger in der Verantwortung. Sie formulieren im Dialog mit den Schulen (d. h. unter Berücksichtigung der schulischen Medienbildungskonzepte) auf der Grundlage von Kooperationsvereinbarungen mit den Ländern kommunale Medienentwicklungspläne. Diese Pläne müssen auch eine Kostenkalkulation umfassen.

Zur IT-Infrastruktur gehören eine durchgehende Vernetzung mit ausreichender Bandbreite, eine verlässliche Basisinfrastruktur, die eine flexible Nutzung entsprechend der schulischen

medienpädagogischen Konzepte erlaubt, die Einrichtung und der dauerhafter Betrieb von Lernmanagementsystemen und Lernplattformen, flexibel einsetzbare Endgeräte sowie die Etablierung verlässlicher Unterstützungsstrukturen, die von der vertraglichen Vereinbarungen mehrjähriger Wartungsgeräte für Endgeräte bis hin zum Herstellersupport für Schulserver reichen (vgl. Breiter, Stolpmann & Zeising, 2015). Zwar hat sich die Ausstattung der Schulen seit dem Frühjahr 2020 durch entsprechende Programme von Bund und Ländern erheblich verbessert, Lern-Management-Systeme sind vielerorts verfügbar ebenso wie Videokonferenzsysteme. Es ist allerdings nicht davon auszugehen, dass der in der letzten ICILS-Studie festgestellte deutliche Nachholbedarf zu anderen europäischen Ländern wie Dänemark oder Finnland dadurch bereits aufgeholt ist (Eickelmann et al., 2019).

Die wichtigste Voraussetzung für die Implementierung digitaler Lerngelegenheiten sowie für die Nutzung digitaler Technologien für Management- und Verwaltungsprozesse ist eine funktions- und leistungsfähige Infra- und Servicestruktur (z. B. Glasfaseranschluss für Schulen, Server- und Clouddienste mit hoher Rechenkapazität), die flächendeckend und stabil verfügbar ist.

Mit dem DigitalPakt Schule stellen Bund und Länder seit Mai 2019 Mittel für den Ausbau der digitalen schulischen Infrastruktur bereit. Der Mittelabfluss hat sich im letzten Jahr deutlich beschleunigt. Einige Länder haben gezielte Unterstützungsangebote zur Erstellung der Konzepte und Beantragung der Mittel bereitgestellt bzw. ausgebaut. Um Schulträger bei der Entwicklung und Umsetzung von Medienentwicklungskonzepten zu unterstützen und damit einen noch besseren Mittelabfluss aus dem DigitalPakt Schule zu gewährleisten, sollten alle Länder auf der Grundlage der identifizierten Anforderungen gemeinsam mit den kommunalen Spitzenverbänden (digitale) Handreichungen und Vorlagen für die unterschiedlichen operativen Anforderungen entwickeln.

Neben den schulischen Funktionsstellen müssen auch bei den kommunalen Schulträgern Funktionsstellen für Beschaffungs-, (Fern-)Wartungs-, Controlling- und Supportaufgaben geschaffen werden. Nach dem Vorschlag von Breiter et al. (2015) sollte pro 2000 Endgeräten eine Stelle der Entgelt- bzw. Besoldungsgruppe E/A 13 eingerichtet werden.

Eine zentrale Aufgabe besteht in der Bereitstellung von Plattformen und Landeslizenzen sowie in der Klärung von Fragen der Datensicherheit und des Datenschutzes. Länderübergreifend sollte eine Meta-Struktur eingerichtet werden, die insbesondere Diagnose- und Fördermaterialien sowie Selbstlernangebote allen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern frei zugänglich macht und bereits entwickelte Angebote (z. B. im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung) verlinkt. Dafür sind Metadatenstandards festzulegen. Hier kann eine Orientierung an den für den Wissenschaftsbereich bereits verabredeten Standards erfolgen.

5.1 Empfehlungen

Im Einzelnen empfiehlt die Ständige wissenschaftliche Kommission:

- Den raschen flächendeckenden Ausbau einer stabilen IT-Infrastruktur, insbesondere hinsichtlich der Gewährleistung einer durchgehenden Vernetzung mit ausreichender Bandbreite, die Bereitstellung von Lernplattformen sowie die Ausstattung der Schulen und Kitas mit ausreichenden Serverkapazitäten und Endgeräten.
- Die Sicherstellung einer Ausstattung mit Endgeräten bei Schülerinnen und Schülern aus bildungsbenachteiligten Haushalten entsprechend den Prüfverfahren zur Befreiung von der Lernmittelzuzahlung.
- Die Sicherstellung des barrierefreien Zugangs zu digitalen Technologien und Materialien für alle Schülerinnen und Schüler im Sinne inklusiver Bildungsangebote und digitaler Teilhabe.
- Die Etablierung verlässlicher Unterstützungsstrukturen durch die Schaffung von IT-Supportstellen für Beschaffungs-, (Fern-)Wartungs-, Controlling- und Supportaufgaben bei den Schulträgern sowie längerfristige vertraglichen Vereinbarungen zur Wartung von Endgeräten und Schulservern mit Herstellern.
- Die Entwicklung von Handreichungen für die Schulträger zur Formulierung von Medienentwicklungskonzepten sowie Prozessbeschreibungen zur Beschaffung, Wartung, Controlling und Support.
- Entwicklung einer länderübergreifenden Struktur zur Verknüpfung von Plattformen, die die entwickelten digitalen Technologien und Werkzeuge als Open Educational Ressources bereitstellen.

6 Strukturen für eine forschungsbasierte Entwicklung und Implementation digitaler Unterrichtstechnologien aufbauen

In den letzten Jahren ist ein unübersichtlicher Markt für digitale Lernsoftware entstanden. Die Wirksamkeit der entsprechenden Produkte wurde allerdings kaum geprüft. Häufig sind diese Tools auf eine Unterstützung der Prüfungsvorbereitung ausgerichtet und vernachlässigen wichtige Funktionen der Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen (Böhme et al., 2020) wie etwa verständnisvolles, kontextbezogenes Lernen (Schwan & Cress, 2017) sowie die Prüfung auf barrierefreie Zugänglichkeit (Schlüter et al., 2016).

Nur wenige digitale Tools für Diagnose und Förderung genügen derzeit den Ansprüchen an eine forschungsbasierte Entwicklung unter Berücksichtigung lernpsychologischer/ fachdidaktischer Theorien einerseits und technologischer Innovationen, insbesondere künstlicher Intelligenz andererseits (vgl. Schmid et al., 2021). Hier ist die Entwicklung einer auf Forschung und Entwicklung abgestellten Förderstrategie ebenso vonnöten wie die Etablierung von Strukturen, die die Entwicklung und Erprobung digitaler Tools für den Unterricht im Schnittfeld von Wissenschaft, Praxis und Wirtschaft ermöglichen. Die Entwicklung digitaler Werkzeuge wird nur dann einen Mehrwert gegenüber analogen Werkzeugen haben, wenn sie einerseits auf der Grundlage lernpsychologischer und fachdidaktischer Erkenntnisse erfolgt und anderseits die

Eigenschaften des Computers (z. B. dreidimensionale Animationen, Simulationen) oder künstliche Intelligenz (z. B. automatische Bewertung sprachproduktiver Leistungen) gezielt nutzt, um Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler zu unterstützen.

Insgesamt müssen die zu entwickelnden digitalen Werkzeuge die gesamte Bandbreite von Bildungsinhalten auf unterschiedlichen Niveau- und Jahrgangsstufen abdecken bzw. für deren Erschließung geeignet sein. Dies umfasst Instrumente für eine lernbegleitende Diagnostik ebenso wie Lern- und Fördermaterialien, Übungsformate aber auch Anwendungen zur summativen Überprüfung von erreichten Lernständen.

Im Bereich der Bildungsforschung wurde in den letzten Jahren unter dem Stichwort „Design-Research" ein Modell zur Organisation eines Forschungs- und Entwicklungsprozesses beschrieben und erprobt (Burkhardt & Schoenfeld, 2003). Dabei sind die Anschlussstellen zur pädagogischen Praxis bezüglich der Identifikation von Bedarfen sowie der Entwicklung und Erprobung von Prototypen gut definiert. Unterbelichtet bleiben aber die Schnittstellen zu anderen Akteuren, insbesondere Unternehmen, die in vielen Feldern eine Implementation von Inventionen gewährleisten (Brockhoff, 2001). In die Weiterentwicklung digitaler Medien für den Unterricht zur Produktreife sollten entsprechend Verlage und Softwareunternehmen einbezogen werden, auch im Rahmen von Modellen zur Entwicklung von Open Educational Ressources. Forschungs- und Entwicklungsstrukturen sollten auch in diese Richtung Anschlüsse schaffen.

Hinsichtlich der konkreten Ausgestaltung solcher Strukturen haben Bund und Länder sowohl digitale Kompetenzzentren in den Ländern als auch länderübergreifende Strukturen diskutiert, d. h. thematische Forschungs- und Entwicklungscluster, in denen in einer systematischen Kooperation zwischen Wissenschaft, den verschiedenen Phasen der Lehrkräftebildung, der Praxis sowie der Wirtschaft digitale Lehr-Lern-Umwelten entwickelt und Modelle zu ihrer Implementation im regulären Fachunterricht erprobt werden. Angesichts der großen Herausforderung, für den gesamten Fächerkanon und die unterschiedlichen Jahrgangsstufen digitale Tools zu entwickeln, wird der Aufbau solcher länderübergreifenden Strukturen unerlässlich sein. Die Bereitstellung von lizensierter digitaler Lernsoftware und von digitalen Werkzeugen auf staatliche Lernplattformen erfordert außerdem Zertifizierungsverfahren. Die bestehenden Zulassungsverfahren für schulische Medien müssen entsprechend weiterentwickelt werden.

6.1 Empfehlungen

Im Einzelnen empfiehlt die Ständige wissenschaftliche Kommission:

- Die Entwicklung einer Strategie zur Förderung von Forschung und Entwicklung digitaler Technologien und Werkzeuge in der Abstimmung von Bund (BMBF) und Ländern, die Schnittstellen zur Praxis auf der einen Seite und zu Softwareunternehmen sowie Verlagen auf der anderen Seite einbezieht.
- Die Etablierung von Strukturen der Forschung, Entwicklung und Implementation, in denen fachdidaktische, lernpsychologische und bildungswissenschaftliche Forschung

und Praxis langfristig zusammenwirken. Dies kann beispielsweise durch die Einrichtung von digitalen Klassenzimmern in den digitalen Kompetenzzentren erfolgen.

- Die ländergemeinsame Entwicklung von Zertifizierungsverfahren und -strukturen für digitale Technologien und Werkzeuge zum Einsatz in der vorschulischen, schulischen und beruflichen Bildung auf der Grundlage fachdidaktischer, lern- und medienpsychologischer, informationstechnischer und medienethischer Standards.

Literatur

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st Century skills and competences for new millennium learners in OECD countries. *OECD Education Working Papers*, 41.

Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020). *Bildung in Deutschland 2020*. wbv.

Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F., & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction, 66,* Article 101300. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300

Baethge-Kinsky, V. (2019). Digitalisierung in der industriellen Produktion und Facharbeit: Gefährdung 4.0? *Mitteilungen aus dem SOFI, 30*(13), 2–5.

Baethge-Kinsky, V., Kuhlmann, M., & Tullius, K. (2018). Technik und Arbeit in der Arbeitssoziologie – Konzepte für die Analyse des Zusammenhangs von Digitalisierung und Arbeit. *Arbeits- und Industriesoziologische Studien*, *11*(2), 91-106.

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9*(4), 469-520.

Beck, K.; Landenberger, M., & Oser, F. (2016). (Hrsg.). *Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung: Ergebnisse aus der BMBF-Förderinitiative ASCOT (Wirtschaft – Beruf – Ethik, Vol. 33)*. Bielefeld: wbv Bertelsmann.

BIBB, Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.). (2019). *Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2019. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung*. Bonn.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie, 223*(1), 3-13.

Blossfeld, H.-P., Roßbach, H.-G., & von Maurice, J. (Eds.). (2011). *Education as a lifelong process. The German national education panel study (NEPS)*. 14. Sonderheft der Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. VS-Verlag.

Böhme, R., Munser-Kiefer, M., & Prestridge, S. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Medien in der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung, 13*(1), 1–14.

Bonnes, C., & Schumann, S. (2021). Digitalisierung in der Lehrerinnen-und Lehrerbildung –Konzept und Umsetzung des Projektes edu 4.0 an der Universität Konstanz. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online, 40*, 1-17. https://www.bwpat.de/ausgabe40/bonnes_schumann_bwpat40.pdf

Bosse, I. (2019). Digitalisierung und Inklusion. Synergieeffekte in der Schulentwickung. *Schule Inklusiv 4*(3), 4-9.

Breiter, A., Stolpmann, B. E., & Zeising, A. (2015). *Szenarien lernförderlicher IT-Infrastrukturen in Schulen. Betriebskonzepte, Ressourcenbedarf und Handlungsempfehlungen.* Expertise im Auftrag der Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/szenarien-lernfoerderlicher-it-infrastrukturen-in-schulen/

Brockhoff, K. (2001). Innovationsmanagement als Technologiemanagement. In S. Albers, K. Brockhoff, & J. Hauschildt (Eds), *Technologie- und Innovationsmanagement. Betriebswirtschaftslehre für Technologie und Innovation*, Vol. 40. Deutscher Universitätsverlag. https://doi.org/10.1007/978-3-322-81048-9_3

Brown, C., & Poortman, C. (2019). Professional Learning Networks: Harnessing collaboration to achieve the scale-up of effective education practices. In M. Peters & R. Heraud (Eds.), *Encyclopedia of Educational Innovation*. Springer: Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2262-4_6-1

Burkhardt, H., & Schoenfeld, A. (2003). Improving educational research: Toward a more useful, more influential, and better-funded enterprise. *Educational Researcher, 32*, 3-14. https://doi.org/10.3102/0013189X032009003

Capovilla, D., & Gebhardt, M. (2016). Assistive Technologien für Menschen mit Sehschädigung im inklusiven Unterricht. *Zeitschrift für Heilpädagogik, 67*(1), 4-15.

Carls, K., Gehrken, H., Kuhlmann, M., & Thamm, L. (2020). Digitalisierung – Arbeit – Gesundheit. Zwischenergebnisse aus dem Projekt Arbeit und Gesundheit in der Arbeitswelt 4.0. *SOFI Arbeitspapier 2020 – 19*. http://www.sofi-goettingen.de/fileadmin/Martin_Kuhlmann/Material/Carls_Gehrken_Kuhlmann_Thamm_WP_2020.pdf.

Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education, 105*, 14-30. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005

Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist, 49*(4), 219-243.

Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (Eds.). (2014). *The mathematics teacher in the digital era: An international perspective on technology focused professional development*. Dordrecht: Springer.

Cohen, F., & Hemmerich, F. (2019). *Nutzung digitaler Medien für die pädagogische Arbeit in der Kindertagesbetreuung. Kurzexpertise im Auftrag des Bundesminsteriums für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.* https://www.fruehe-chancen.de/fileadmin/PDF/Fruehe_Chancen/Kurzexpertise_Cohen_Hemmerich_Nutzung_digitaler_Medien.pdf

Conein, S. (2020). *Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen: Der Ausbildungsberuf „Verfahrensmechaniker/-in für Kunststoff- und Kautschuktechnik" im Screening* (Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Vol. 210). Bonn: BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung.

Dackermann, T., Fischer, U., Nuerk, H.-C., Cress, U., & Moeller, K. (2017). Applying embodied cognition: From useful interventions and their theoretical underpinnings to practical applications. *ZDM Mathematics Education, 49,* 545-557. https://dx.doi.org/10.1007/s11858-017-0850-z

Decristan, J., Kunter, M., Fauth, B., Büttner, G., Hardy, I., & Hertel, S. (2016). What role does instructional quality play for elementary school children's science competence? A focus on students at risk. *Journal for Educational Research Online, 8*(1), 66-89.

Dehnbostel, P. (2008). Lern- und kompetenzförderliche Arbeitsgestaltung. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, *37*(2), 5–8. http://doczz.com.br/doc/1113913/lernen-im-arbeitsprozess

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher, 38*(3), 181-200.

Ditton, H. (2000). Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung in Schule und Unterricht. Ein Überblick zum Stand der empirischen Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik, 41. Beiheft*, 73-92.

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster: Waxmann.

Fehling, C. D. (2017). Neue Lehr- und Lernformen in der Ausbildung 4.0. Social Augmented Learning in der Druckindustrie. *BWP Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 46*(2), 30-33.

Fickermann, D. (2021). Daten für Taten. Verbesserung der Datengrundlagen für zielgerichteteres politisches Handeln zur Eindämmung und Bewältigung der Folgen der Corona-Pandemie. *Die deutsche Schule, 113*(2), 227-242.

Gebhardt, M., Diehl, K. & Mühling, A. (2016). Online Lernverlaufsmessung für alle SchülerInnen in inklusiven Klassen. *Zeitschrift für Heilpädagogik 67*(10), 444-453.

GFD – Gesellschaft für Fachdidaktik (2018). *Fachliche Bildung in der digitalen Welt. Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik.* https://www.fachdidaktik.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/07/GFD-Positionspapier-Fachliche-Bildung-in-der-digitalen-Welt-2018-FINAL-HP-Version.pdf

Härtel, M., Averbeck, I., Brüggemann, M., Breiter, A., Howe, F., & Sander, M. (2018). *Medien- und IT-Kompetenz als Eingangsvoraussetzung für die berufliche Ausbildung – Synopse* (Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Vol. 193). Bonn: BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung.

Heller, S., & Zügel, O. (2020). *„Schule zu Hause" in Deutschland*. Bonn: Deutsche Telekomstiftung. https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Ergebnisbericht-Home-schooling.pdf

Helmke, A. (2021). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (8. ed.). Seelze: Klett-Kallmeyer.

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education, 153*, Article 103897.

Huber, S. G., Günther, P. S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J. A., & Pruitt, J. (2020). *COVID-19 – aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schul-Barometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz.* Münster: Waxmann.

Jungjohann, J., Gegenfurtner, A., & Gebhardt, M. (2018). Systematisches Review von Lernverlaufsmessung im Bereich der frühen Leseflüssigkeit. *Empirische Sonderpädagogik, 10*(1), 100-118.

Katz, S., & Dack, L. A. (2014). Towards a culture of inquiry for data use in schools: Breaking down professional learning barriers through intentional interruption. Studies in Educational Evaluation, 42, 35-40.

Kerres, M., & Heinen, R. (2017). „Bildung in der digitalen Welt" als Herausforderung für Schule. *DDS – Die Deutsche Schule, 109*(2), 128–145.

Kleinhans, J. (2018). *IT-gestützte Werkzeuge zur Kompetenzmessung - Ausgewählte Ansätze vom adaptiven Test bis zum Unternehmensplanspiel.* (Berufsbildung, Arbeit und Innovation - Dissertationen und Habilitationen, Vol. 51). Bielefeld: wbv.

Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras Study. Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In T. Janik & T. Seidel (Hrsg.), *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom* (pp. 137-160). Münster: Waxmann.

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

KMK (Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2011). *FAQ's – Frequently Asked Questions zum Kerndatensatz und zur Datengewinnungsstrategie.* Berlin: KMK. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/FAQ_KDS.pdf

Kultusministerkonferenz (KMK) (2019a). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf. Zugegriffen: 27.09.2019.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2019b). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf. Zugegriffen: 27.09.2019.

Lachner, A., Scheiter, K., & Stürmer, K. (2020). Digitalisierung und Lernen mit digitalen Medien als Gegenstand der Lehrerbildung. In C. Cramer, M. Drahmann, J. König, M. Rothland, & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (pp. 67-75). Bad Heilbrunn/Stuttgart: Klinkhardt/UTB. https://doi.org/10.35468/hblb2020-007

Lauth, G., Brunstein, J., & Grünke, M. (2014). *Interventionen bei Lernstörungen*. Stuttgart: Hogrefe.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (pp. 51-72). Münster: Waxmann.

Mandinach, E. B., & Gummer, E. S. (2016). Every teacher should succeed with data literacy. *Phi Delta Kappan*, *97*(8), 43-46. https://doi.org/10.1177/0031721716647018

Mandinach, E. B., & Schildkamp, K. (2021). Misconceptions about data-based decision making in education: An exploration of the literature. *Studies in Educational Evaluation, 69*, Article 100842. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100842

Meyer, H., & Junghans, C. (2019). *Zwölf Prüfsteine für die Arbeit mit digitalen Unterrichtsmedien - Eine Entwicklungsaufgabe*. Seminar 3 (pp. 48-62). Bundesarbeitskreis der Seminar- und Fachleiter/innen e. V. (bak).

Mintrop, R., & Coghlan, E. (2018). Datenbasiertes Schulleitungshandeln – Forschungsbefunde und praktische Erfahrungen aus einem datenaffinen Schulsystem. *DDS – Die Deutsche Schule, 110*(1), 10–26.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*, 1017-1054.

Neumann, P., Grüter, S., Eckel, L., Lütje-Klose, B., Gorges, J., & Wild, E. (2021). Aufgaben und Zuständigkeiten von allgemeinen und sonderpädagogischen Lehrkräften sowie Fachkräften der Schulsozialarbeit in inklusiven Schulen der Sekundarstufe I – Erste Ergebnisse aus dem BiFoKi-Projekt. *Zeitschrift für Heilpädagogik 72*, 164-177.

OECD (2019). *OECD future of education and skills 2030. OECD Learning Compass 2030 – A Series Of Concet Notes*. Paris: OECD.

Partnership for 21st Century Skills (P21). (2019). *Framework for 21st Century learning*. Zugriff am 30.06.2021 von http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf

Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B., & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: The German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM Mathematics Education, 50*(3), 407–426.

Ranft, S. (2020). *Berufsbildung 4.0 – Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen: Der Ausbildungsberuf „Fachkraft für Abwassertechnik" im Screening* (Wissenschaftliche Diskussionspapiere, Vol. 212). Bonn: BIBB Bundesinstitut für Berufsbildung.

Robitzsch, A., Lüdtke, O., Goldhammer, F., Kröhne, U., & Köller, O. (2020). Reanalysis of the German PISA data: A comparison of different approaches for trend estimation with a particular emphasis on mode effects. *Frontiers in Psychology, 11,* Article 884. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00884

Scheiter, K., & Lachner, A. (2019). DigitalPakt – was nun? Eine Positionierung aus Sicht der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft, 47*(1), 547–564.

Schildkamp, K. (2019). Data-based decision-making for school improvement: Research insights and gaps. *Educational Research, 61*(3), 257-273. https://doi.org/10.1080/00131881.2019.1625716

Schlüter, A. K., Melle, I., & Wember, F. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute, 61*(3), 270-285.

Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R., Abrami, P. C., Wade, C. A., . . . Lowerison, G. (2009). Technology's effect on achievement in higher education: A Stage I meta-analysis of classroom applications. *Journal of Computing in Higher Education, 21*(2), 95–109.

Schmid, U., Blanc, B., Toepel, M., Pinkwart, N., & Drachsler, H. (2021). *KI@Bildung: Lehren und Lernen in der Schule mit Werkzeugen Künstlicher Intelligenz*. Bonn: Deutsche Telekom Stiftung. https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/KI%20Bildung%20Schlussbericht.pdf

Schwab, K. (2019). *Die Zukunft der Vierten Industriellen Revolution: Wie wir den digitalen Wandel gestalten.* Deutsche Verlags-Anstalt.

Schwan, S., & Cress, U. (Eds.). (2017). *The psychology of digital learning: Constructing, exchanging, and acquiring knowledge with digital media*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

Schwan, S., Grajal, A., & Lewalter, D. (2014). Understanding and engagement in places of science experience: Science Museums, Science Centers, Zoos and Aquariums. *Educational Psychologist, 49*(2), 70-85.

Schwendimann, B. A., Cattaneo, A. A. P., Dehler Zufferey, J., Gurtner, J.-L., Bétrancourt, M., & Dillenbourg, P. (2015). The 'Erfahrraum': a pedagogical model for designing educational technologies in dual vocational systems. *Journal of Vocational Education & Training, 67*(3), 367-396. https://doi.org/10.1080/13636820.2015.1061041

Schwendimann, B. A., De Wever, B., Hämäläinen, R., & Cattaneo, A. A. P. (2018). The state-of-the-art of collaborative technologies for initial vocational education: A systematic literature review. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, *5*(1), 19–41. https://doi.org/10.13152/IJRVET.5.1.2

Seeber, S., Weber, S., Geiser, P., Zarnow, S., Hackenberg, T., & Hiller, F. (2019). Effekte der Digitalisierung auf kaufmännische Tätigkeiten und Sichtweisen ausgewählter Akteure. *berufsbildung*, *176*, 2–7.

Siraj-Blatchford, I., Sylva, K., Muttock, S., Gilden, R., & Bell, D. (2002). *Researching effective pedagogy in the early years* (Research Report 356). London: Department for Education and Skills,

Souvignier, E. (2018). Computerbasierte Lernverlaufsdiagnostik. *Lernen und Lernstörungen, 7*(4), 219-223.

Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research, 81*(1), 4-28. https://doi.org/10.3102/0034654310393361

Thurm, D. (2020). *Digitale Mathematik-Lernplattformen in Deutschland*. Expertise. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Thurm, D., & Barzel, B. (2020). Effects of a professional development program on teachers' beliefs, self-efficacy and practices. *ZDM - Mathematics Education, 52*, 1411–1422. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01158-6

Tulowitzki, P. & Gerick, J. (2020). Schulleitung in der digitalisierten Welt. Empirische Befunde zum Schulmanagement. *Die deutsche Schule, 112*(3), 324-337.

Tynjälä, P., Beausaert, S., Zitter, I., & Kyndt, E. (2021). Connectivity between edurcation and work. Theoretical models and insights. In E. Kyndt, S. Beausaert & I. Zitter (Eds.), *Developing connetivity between education and work* (pp. 3-14). London: Routledge.

van Ackeren, I., Aufenanger, S., Eickelmann, B., Friedrich, S., Kammerl, R., Knopf, J., Mayrberger, K., Scheika, H., Scheiter, K., & Schiefner-Rohs, M. (2019). Digitalisierung in der Lehrerbildung – Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. *DDS – Die Deutsche Schule, 111*(1), 103–119.

Van der Kleij, F. M., Feskens R. C. W., & Eggen T. J. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 85*(4), 475-511. https://doi.org/10.3102/0034654314564881

Wilbers, K., & Windelband, L. (Hrsg.). (2021). *Lernfabriken an beruflichen Schulen. Gewerblich-technische und kaufmännische Perspektiven. Texte zur Wirtschaftspädagogik und Personalentwicklung* (Texte zur Wirtschaftspädagogik und Personalentwicklung, Vol. 26). Berlin: epubli.

Winther, E. (2019). *Sachverständigengespräch „Kompetenzen und ihre Vermittlung in der digitalen Arbeitswelt". Stellungnahme* 17/1669. Landtag Nordrhein-Westfalen. https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMST17-1669.pdf

Wissenschaftsrat (WR). (2020). *Perspektiven der Informatik in Deutschland.* Drs. 8675-20. Köln: Wissenschaftsrat. Zugriff am 30.08.2021 von https://www.wissenschaftsrat.de/download/2020/8675-20.pdf?__blob=publicationFile&v=9

Wittmann, E., & Weyland, U. (2020). Berufliche Bildung im Kontext der digitalen Transformation. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 116*, 2020/2, 269–291. https://doi.org/10.25162/zbw-2020-0012

Wößmann, L., Freundl, V., Grewenig, E., Lergetporer, P., Werner, K., & Zierow, L. (2021). Bildung erneut im Lockdown. Wie verbrachten Schulkinder die Schulschließungen Anfang 2021? *ifo Schnelldienst, 5*, 21.

Zierer, K. (2018). *Lernen 4.0. Pädagogik vor Technik. Möglichkeiten und Grenzen einer Digitalisierung im Bildungsbereich*. Hohengehren: Schneider.