

Stinken-Rösner, Lisa; Weidenhiller, Patrizia; Nerdel, Claudia; Weck, Hannah; Kastaun, Marit; Meier, Monique
Inklusives Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht digital unterstützen

Ferencik-Lehmkuhl, Daria [Hrsg.]; Huynh, Ilham [Hrsg.]; Laubmeister, Clara [Hrsg.]; Lee, Curie [Hrsg.]; Melzer, Conny [Hrsg.]; Schwank, Inge [Hrsg.]; Weck, Hannah [Hrsg.]; Ziemer, Kerstin [Hrsg.]: Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2023, S. 152-167



Quellenangabe/ Reference:

Stinken-Rösner, Lisa; Weidenhiller, Patrizia; Nerdel, Claudia; Weck, Hannah; Kastaun, Marit; Meier, Monique: Inklusives Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht digital unterstützen - In: Ferencik-Lehmkuhl, Daria [Hrsg.]; Huynh, Ilham [Hrsg.]; Laubmeister, Clara [Hrsg.]; Lee, Curie [Hrsg.]; Melzer, Conny [Hrsg.]; Schwank, Inge [Hrsg.]; Weck, Hannah [Hrsg.]; Ziemer, Kerstin [Hrsg.]: Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2023, S. 152-167 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-263095 - DOI: 10.25656/01:26309

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-263095>

<https://doi.org/10.25656/01:26309>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

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

*Lisa Stinken-Rösner, Patrizia Weidenhiller,
Claudia Nerdel, Hannah Weck, Marit Kastaun
und Monique Meier*

Inklusives Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht digital unterstützen

Abstract

Die Entwicklung einer *scientific literacy for all* stellt die Zielsetzung eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts dar, in dem Lernende neben Fachinhalten auch fächerübergreifende Kompetenzen erwerben. Insbesondere der Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, der einhergeht mit dem Erwerb und der Anwendung naturwissenschaftstypischer Denk- und Arbeitsweisen, eröffnet vielfältige Nutzungsmöglichkeiten für digitale Medien, um im Prozess immanente Barrieren zu minimieren. Ausgehend vom *NinU-Schema* wird das didaktische Wirkungsfeld digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht mit Fokus auf das Experimentieren in diesem Beitrag theoretisch umrissen sowie Einstellungen und die resultierende Unterrichtspraxis von Lehrkräften innerhalb dieses Feldes dargestellt. Die Ergebnisse verschiedener Projekte zeigen, dass, obwohl der Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren bereits Einzug in die naturwissenschaftliche Unterrichtspraxis gefunden hat, das Potenzial einiger Medien für eine inklusive Unterrichtsgestaltung bisher noch nicht ausgeschöpft bzw. beachtet wird. Beispiele hierfür sind die Nutzung von eBooks zur Verständnisunterstützung von Experimentieranleitungen sowie die Einbindung von Experimentiervideos, um die Planungs-, Durchführungs- und Auswertungsphase beim Experimentieren zu unterstützen.

Schlagworte

Naturwissenschaftlicher Unterricht, Erkenntnisgewinnung, digitale Medien, Partizipation, Inklusion

1 Ausgangslage

Digitalisierung und Inklusion bestimmen bereits seit einigen Jahren schulische Debatten und Entwicklungsprozesse (GFD, 2015; GFD, 2018). Dabei werden

beide Themen trotz gleicher Zielstellung, der angemessenen Förderung aller Schüler:innen bei dem Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, häufig getrennt voneinander geführt.

Die Partizipation aller Lernenden im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (inU) erfordert eine systematische Verknüpfung der Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichtes mit der Perspektive der inklusiven Pädagogik (*NinU-Schema*: Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht, siehe hierzu Stinken-Rösner et al., 2020) unter besonderer Berücksichtigung der Potenziale (aber auch Barrieren; siehe hierzu Stinken-Rösner & Abels, 2021; van Dijk, 2017), die aus dem Einsatz digitaler Medien im inU resultieren (siehe Abbildung 1).

Im naturwissenschaftlichen Unterricht steht, im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*), neben dem Erwerb der jeweiligen Fachinhalte auch die Entwicklung fächerübergreifender Kompetenzen im Fokus (z. B. KMK, 2005a). Es lassen sich vier Zielsetzungen operationalisieren (siehe Abbildung 1, blaue Kästen): (A) die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten, (B) das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte, (C) das Betreiben der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sowie (D) das Lernen über die Naturwissenschaften (Bybee, 1997; Hodson, 2014). Diese werden durch eine fünfte Zielsetzung komplettiert: den Erwerb digitaler Kompetenzen für eine selbstbestimmte Teilhabe an der von Technologie geprägten Gesellschaft als Querschnittsaufgabe aller Unterrichtsfächer (KMK, 2017; KMK, 2021; siehe Abbildung 1, pinke Spalte). Die Forderung, dass allen Lernenden, unabhängig von ihren individuellen Merkmalen, gleiche Chancen zum Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zustehen, also zur Partizipation am (naturwissenschaftlichen) Unterricht, stellt den Grundgedanken der inklusiven Pädagogik dar (Ainscow, 2007). Zentral ist hierbei zunächst (I) die Anerkennung und das Respektieren der Diversität der Lernenden und ihrer individuellen Potenziale (Booth & Ainscow, 2016; Mastropieri & Scruggs, 2014), (II) das Erkennen potenzieller Barrieren im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie (III) deren Minimierung, sodass eine Partizipation aller Lernender ermöglicht wird (Stinken-Rösner et al., 2020; siehe Abbildung 1, gelbe Kästen). Der gezielte Einsatz digitaler Medien kann, neben der Diagnose von Barrieren, insbesondere dazu beitragen, fachimmanente Barrieren abzubauen und/oder alternative Zugänge zu Fachinhalten und naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zu schaffen (Abels & Stinken-Rösner, 2022; siehe Abbildung 1, pinke Pfeile). Digitale Medien sind im inU zweifach bedeutsam, indem sie die Entwicklung digitaler Kompetenzen als integrativen Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichtes (Partizipation AN digitalen Medien) ermöglichen sowie in der fachspezifischen Nutzung helfen, Barrieren abzubauen (Partizipation DURCH digitale Medien).

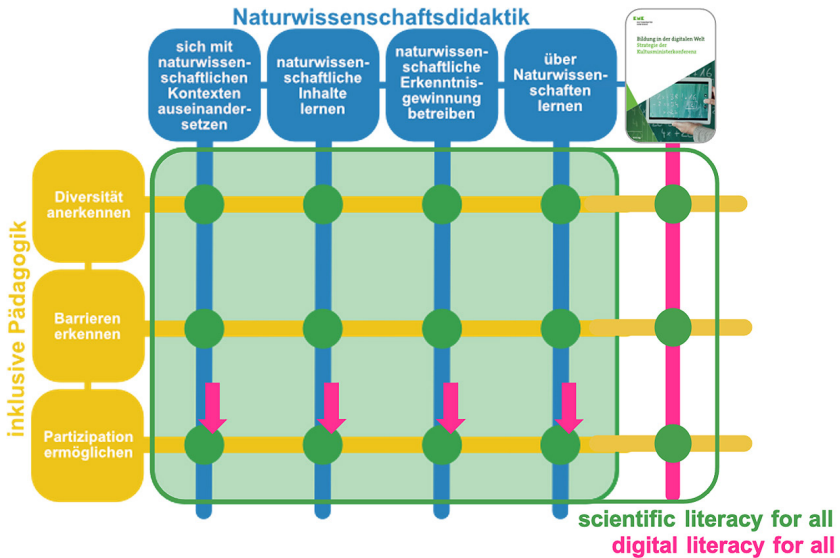


Abb. 1: Inklusiver und digitaler, naturwissenschaftlicher Unterricht als Zusammenführung aus den Zielen der Naturwissenschaftsdidaktik, inklusiver Pädagogik und der Strategie zur Bildung in der digitalen Welt (Abels & Stinken-Rösner, 2022, S. 16).

Das vielleicht prominenteste Ziel neben dem Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte stellt die experimentelle Auseinandersetzung mit Fachinhalten dar. Experimente werden im Chemie- und Physikunterricht im Schnitt in jeder zweiten, im Biologieunterricht in jeder zehnten Unterrichtsstunde durchgeführt (Stinken-Rösner, 2020) und nehmen somit eine omnipräsente Rolle im Unterrichtsgeschehen ein. Jedoch kann das Betreiben der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung Lernende gleichzeitig vor vielfältige Barrieren stellen (fachmethodische Hürden siehe z. B. Baur, 2018; Meier, 2016). Eine Übersicht und Verortung möglicher, dem Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung immanenten Barrieren ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Übersicht und Verortung von möglichen Barrieren beim Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.

<i>Bereiche der Barrieren</i> (erweitert nach Krönig, 2015)	<i>Barrieren beim Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung</i>
<i>Umwelt</i> Gegebene, vorgefundene Gegenstände	Ausstattung des Fachraumes (z. B. festverschraubte Tische), komplexe Versuchsaufbauten und Labormaterialien (z. B. Glasgeräte, Messapparaturen)
<i>Funktionssysteme</i> Rechtliche Begrenzungen, organisatorischer Ausschluss, Kosten	Begrenzte Ausstattung des Fachraumes (z. B. Anzahl an Materialien), rechtliche Vorgaben zur Arbeit mit Gerätschaften und Substanzen (z. B. aufgrund potenzieller Gesundheitsrisiken), geringe Anzahl an Wochenstunden, Mangel an Lehrkräften
<i>Kommunikation & Interaktion</i> Regeln, kommunikative Strukturen & Fachsprache	Recherchieren und Lesen von Fachtexten, Verstehen von textlastigen (Versuchs-)Anleitungen, Formulieren von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen, Lesen von Graphiken und Tabellen, Verschriftlichen von Daten und Messwerten, fachgerechtes Protokollieren, Argumentieren unter Nutzung der Fachsprache, Zusammenarbeit in Teams
<i>Denk- und Arbeitsweisen</i> Fachmethodik	Anwenden der Variablenkontrollstrategie, Anlage eines Messkonzeptes, Reflexion von Messungenauigkeiten, Vornehmen von Interpretationen, Idealisierungen, Mathematisierungen, Nutzung von Modellen
<i>Selbst</i> Zusammenspiel zwischen individuellen Ausgangsbedingungen und der Unterrichtssituation	Physische Barrieren (z. B. Einschränkung der Sinneswahrnehmung, Motorik etc.), kognitive Barrieren

Besonders im Bereich rund um das Experimentieren findet sich ein breites Angebot an (teilweise) speziell für den (inklusive) naturwissenschaftlichen Unterricht konzipierter digitaler Medien. Dazu zählen u. a. interaktive Simulationen, digitale Messsensoren, Datenauswertungs- und Modellierungssoftware. Zudem können durch differenzierte, digital und medial aufbereitete Lehr-Lernangebote wie multimodale eBook-Versuchsanleitungen (siehe 3.1) oder Experimentiervideos (siehe 3.2) beim Experimentieren im inU auftretende Barrieren adressiert und alternative Zugänge ermöglicht werden. Neben dem Angebot ist u. a. auch die Einstellung der Lehrkräfte zu Inklusion und digitalen Medien ein entscheidender Prädiktor für den gewinnbringenden Einsatz digitaler Medien im inU (siehe 2).

2 Einstellungen und Nutzungsverhalten von Lehrkräften zum Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren im inU

Die Gestaltung eines lernförderlichen, inklusiven Unterrichtes für alle Schüler:innen erfordert von Lehrkräften eine positive Einstellung gegenüber Inklusion sowie eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich ihres eigenen Handelns in inklusiven Settings (Sharma & Jacobs, 2016). Analog dazu sind Einstellungen von Lehrkräften zu digitalen Medien maßgeblich für deren Implementation im Unterricht (Eickelmann & Vennemann, 2017). Die Auseinandersetzung mit fachspezifischen Fragestellungen wie der digitalen Unterstützung des Erkenntnisgewinnungsprozesses im inU erfordert es, Einstellungen zu Inklusion und Digitalisierung verschränkt miteinander zu betrachten, um gezielte Aussagen zu deren Einfluss auf die Unterrichtspraxis treffen zu können. In einer aktuellen Studie von Weidenhiller (in Vorbereitung) wurde die Einstellung von 128 Biologielehrkräften (70 % weiblich) der Sekundarstufe I & II gegenüber Inklusion und digitalen Medien erhoben sowie deren Einfluss auf die Nutzung im inklusiven Biologieunterricht analysiert. Die Einstellung zu Inklusion wurde mit der adaptierten Skala *Einstellungen zur Integration (EZI)* (Kunz et al., 2010) erfasst. Diese Skala bezieht sich auf den engen Inklusionsbegriff, welcher vor allem Schüler:innen mit diagnostiziertem sonderpädagogischem Förderbedarf in den Blick nimmt. Die Einstellung zu digitalen Medien wurde mit der Skala *Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht* erfasst (Vogelsang et al., 2019). Die befragten Lehrkräfte haben insgesamt eine neutrale Einstellung zu Inklusion (Mittelwert von $M=2.6$ bei einem Skalenmittelpunkt von $M_{\text{Skala}}=2.5$) und eine eher positive Einstellung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht ($M=1.9$; $M_{\text{Skala}}=1.5$). Zwischen den beiden Skalen konnte keine signifikante Korrelation festgestellt werden, was zeigt, dass die Lehrkräfte unterschiedliche Einstellungen zu Inklusion und Digitalisierung haben können.

Betrachtet man die Einstellung der Lehrkräfte zu digitalen Medien und Inklusion getrennt nach der Nutzung von digitalen Medien beim Experimentieren, so zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Einstellung zu digitalen Medien (siehe Tabelle 2). Lehrkräfte, die digital gestützt experimentieren, haben dabei eine positivere Einstellung als ihre Kolleg:innen. Bezüglich der Einstellung zu Inklusion konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Ebenfalls zeigten sich keine Unterschiede bezüglich der Einstellung zu Inklusion zwischen Lehrkräften, die im Unterricht (nicht) differenzieren.

Tab. 2: Einstellungen der Lehrkräfte im Vergleich

	Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren	
	Ja ($n=77$)	Nein ($n=70$)
Einstellung zu digitalen Medien	$M=1.96$; $SD=0.42$	$M=1.77$; $SD=0.33$
	$t(125)=-2.65$; $p=0.009$; $d=0.4$	
Einstellung zu Inklusion	$M=2.74$; $SD=0.69$	$M=2.56$; $SD=0.70$
	$t(125)=-1.34$; $p=0.182$; $d=0.7$	
	Differenzierung im Unterricht	
	Ja ($n=69$)	Nein ($n=58$)
Einstellung zu Inklusion	$M=2.63$; $SD=0.44$	$M=2.68$; $SD=0.74$
	$t(125)=-0.37$; $p=0.708$; $d=0.7$	

Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die *EZI* Skala Fragen zur Inklusion von Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf enthält, wohingegen die Differenzierungsmaßnahmen im Unterricht jegliche Heterogenitätsdimensionen adressieren können. Nur 25 der 128 Lehrkräfte geben an, bereits persönliche Unterrichtserfahrung mit Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf zu haben. Insgesamt geben 69 der befragten Lehrkräfte an, im Biologieunterricht (davon 28 mit digitalen Medien) zu differenzieren, u. a. durch gestufte Hilfen (23x), die Bereitstellung von Zusatzaufgaben (21x) und die Differenzierung von Aufgaben nach Schwierigkeitsgrad (22x). Digitale Medien zur Differenzierung werden am häufigsten eingesetzt, um Informationen und Aufgaben digital zur Verfügung zu stellen (12x), Aufgaben online mit interaktiven Tools zu erstellen (6x) und um Videos in den Unterricht einzubetten (7x). Den Einsatz von digitalen Medien begründen Lehrkräfte u. a. durch die Ermöglichung eines individuellen Arbeitstempos, die Interaktivität der digitalen Tools und die einfache Bereitstellung von verschiedenen Anforderungsniveaus.

Konkret auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen bezogen, geben 11 Lehrkräfte an, digitale Medien zum Differenzieren bzw. zur Minimierung von Barrieren für einzelne Lernende einzusetzen. Dabei werden u. a. *textlastige Experimentieranleitungen* durch Anleitungen mit Bildern oder Videos ergänzt und *Versuchsaufbauten* digital präsentiert. Auch werden *physische Barrieren* adressiert, bspw. durch das Angebot von Videos mit Untertiteln. Außerdem werden weiterführende Informationen, Aufgaben und gestufte Hilfen zur *Durchführung* online mit interaktiven Tools (verlinkt über QR-Codes) zur Verfügung gestellt.

Verglichen mit der individuellen Differenzierung werden digitale Medien wesentlich häufiger im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung eingesetzt ($n=77$ Lehrkräfte). Hinsichtlich der durch den Einsatz digitaler Medien

adressierten Barrieren wird bei Schüler:innenexperimenten der Einsatz von digitalen Ergebnisprotokollen in Form von Fotos oder Videos (22x) genannt. Diese Form der *Protokollierung* vereinfacht die Auseinandersetzung mit den Ergebnissen. Beispielsweise können Fehler in Durchführung und Messung leichter erkannt werden und die sonst flüchtige Beobachtungssituation zur Interpretation der Ergebnisse wiederholt betrachtet werden. Digitale Messwerterfassung (20x) und digitale Auswertung (13x) werden ebenfalls häufig genannt. Konkret angesprochen werden hier von den Lehrkräften einfach zu bedienende Messsensoren zur pH-Wert Bestimmung oder Temperaturmessung genannt. Diese übertragen die Messwerte direkt in Apps und können Schwierigkeiten beim korrekten Ablesen und *Protokollieren* von Messdaten entgegenwirken. Am dritthäufigsten werden Erklärvideos und interaktive Simulationen (16x) eingesetzt. Diese dienen vor allem dem inhaltlichen Verständnis oder werden aus *Zeitgründen* sowie bei *gefährlichen Experimenten* als Ersatz für Schüler:innenexperimente von den Lehrkräften verwendet. Als Hilfestellung zur *Durchführung* setzen Lehrkräfte Videos, Fotos und Live-Übertragungen des Versuchsaufbaus mit der Dokumentenkamera ein, um Barrieren beim Verständnis von *Versuchsaufbau und -ablauf* zu reduzieren. Obgleich nicht explizit Barrieren beim Experimentieren im inU abgefragt wurden, kann die Nutzung digitaler Medien in vielen Fällen auf eben diese zurückgeführt werden. Insgesamt zeigt sich, dass über die Hälfte der Lehrkräfte bereits digitale Medien beim Experimentieren einsetzt und dadurch bestimmte Barrieren in den Bereichen *Umwelt, Funktionssysteme, Kommunikation & Interaktion, Denk- und Arbeitsweisen* und *Selbst* beim Experimentieren begegnet (siehe Tabelle 1). Diese Nutzung geht einher mit einer positiven Einstellung zum Einsatz digitaler Medien, was zeigt, dass die Einstellung ein Prädiktor für das digitale Unterstützen beim Experimentieren im inU sein kann. Viele weitere Barrieren beim Experimentieren und digitale Möglichkeiten, diesen zu begegnen, bleiben jedoch auch hier noch unbeachtet bzw. werden in ihren Potenzialen nicht ausgeschöpft.

Digital gestütztes Lernen wird im besonderen Maße mit einem vielfältigen Einsatz von dynamischer Visualisierung in Verbindung gebracht, dessen Wirksamkeit empirisch belegt ist (Höffler & Leutner, 2007). Insofern erscheint es naheliegend, im inU u. a. die Nutzung unterschiedlicher Repräsentationsformen zur Individualisierung näher in den Blick zu nehmen. Videos, als traditionell verankertes digitales Medium, mit ihren vielfältigen Gestaltungs- und Einsatzmöglichkeiten, werden von den befragten Lehrkräften häufig beim Experimentieren eingesetzt, hier jedoch eher mit einer Ersatzfunktion als einem didaktisch in den Erkenntnisgewinnungsprozess integrierten Ansatz (siehe 3.2.). eBooks (siehe 3.1) mit ihren ebenso vielfältigen Darbietungsmöglichkeiten (visuell, auditiv etc.) spielen bei den Lehrkräften dieser Studie hingegen bisher keine Rolle. Im Folgenden werden diese beiden konkreten medialen Beispiele anhand ihres Potenzials zum digital gestützten, inklusiven Lehren und Lernen genauer betrachtet.

3 Anwendungsbeispiele digitaler Medien beim Experimentieren im inU

Digitale Medien können durch ihre Multimodalität, Multicodalität und Multimedialität sowie ihr Potenzial zum adaptiven Lehren und Lernen zur individuellen Förderung an die Fähigkeiten und Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden und so zur Erhöhung von Partizipationschancen beitragen (Kerres, 2018). Eine Anpassung ist sowohl in der Gestaltung des Mediums selbst als auch durch dessen differenzierten Einsatz beim Lehren und/oder Lernen möglich. Anhand von zwei Anwendungsbeispielen digitaler Medien (eBooks & Experimentiervideos) im inU werden diese Anpassungswege dargestellt, um zu verdeutlichen, wie digitale Medien von Lernenden als non-personelle Hilfe zum Abbau von Barrieren beim Experimentieren eingesetzt werden können. Dadurch werden, im Sinne des *NinU-Schemas*, Barrieren identifiziert und simultan adressiert sowie Partizipation durch digitale Medien ermöglicht, ohne zu stigmatisieren.

3.1 eBooks

Der englische Begriff *Electronical Books (eBooks)* wird auch in der deutschen Fachliteratur verwendet. Nach Živković (2005) haben eBooks, im Gegensatz zu Datenbanken, monographischen Charakter und können zusätzlich zum Text auch multimediale und interaktive Elemente wie Audios, Bilder, Videos oder Links enthalten. Damit eröffnen sich didaktische Potenziale, Teilhabe an naturwissenschaftlichen Bildungsinhalten im inU zu ermöglichen. Insbesondere die oft sehr textlastig gestalteten Experimentieranleitungen, Modellbeschreibungen und fach(wissenschaft)lichen Erläuterungen erschweren oder verhindern sogar eine experimentelle Auseinandersetzung mit den Fachinhalten (Scholz et al., 2016). Dies lässt sich u. a. aus Wechselwirkungen zwischen Diversitätsdimensionen, also einem *Selbst*, wie z. B. kognitiven Beeinträchtigungen und *Kommunikations- & Interaktionsfaktoren*, zurückführen (siehe Tabelle 1). Dazu zählt z. B. die naturwissenschaftliche Fachsprache, für die charakteristisch ist, dass sie präzise, differenziert, ökonomisch, anonym und objektiv ist sowie Entlehnungen aus anderen Sprachen, Terminologisierung alltagssprachlicher Wörter, wie z. B. *Stärke*, Nominalstil mit erweiterten Nominalphrasen, Passivkonstruktionen, spezifische Verbvalenzen etc. aufweist (Laubmeister & Weck, 2022).

Unterrichtsmaterialien sollten daher auf potenzielle sprachliche Barrieren kontrolliert und den Lernenden ggf. Alternativen oder Wahlmöglichkeiten angeboten werden. Dabei müssen die individuellen Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lernenden berücksichtigt werden. Digitale Medien wie eBooks eignen sich, diese Anforderungen zu erfüllen, da die Repräsentation von Informationen durch multiple Optionen, auch zeitgleich, dargestellt werden können. Gleichzeitig können eBooks durch eine multimediale Gestaltung der Inhalte/Instruktionen mehrere Lesearten adressieren, d. h. den verschiedenen Bedürfnissen der Lernenden beim

Lesen begegnen, ohne zu stigmatisieren. Dabei ist zu betonen, dass Lese- und/oder Sprachkompetenzen keine erforderlichen Bedingungen sind, um am experimentellen Naturwissenschaftsunterricht teilzuhaben, d. h., um „Phänomene zu beobachten, Erklärungen für die Beobachtungen zu finden und somit einfache naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu deuten“ (Scholz et al., 2016, S. 456). Stattdessen müssen Lernende (be)fähig(t) sein, Texte wie Versuchsanleitungen sinnentnehmend selbst zu erschließen. Dafür ist es unabdingbar, dass der Unterricht und die Materialien wie eBooks schrift- und sprachsensibel gestaltet sind, um Lernenden im inU gleichberechtigte *Partizipation zu ermöglichen*. Zur schrift- und sprachsensiblen Gestaltung von eBooks gehört eine Vielfalt von Rezeptions- und Ausdrucksformen, die über rein (schrift-)sprachliche Zugänge hinausgehen (Pola & Koch, 2019), wie z. B. leichte Sprache, Vorlesefunktion, Piktogramme, Symbole, Bilder und (Audio-)Erklärungen. Mayer (2009) betont, auf Grundlage diverser empirischer Untersuchungen, insbesondere den Effekt der Kontiguität, d. h., wenn Texte und optische Maßnahmen im eBook zeitlich und räumlich parallel dargeboten werden. Durch Kontiguität ist der Wissens- und Erinnerungsgewinn aus Texten für Lernende höher, unabhängig von deren individuellen Voraussetzungen. Dieser positive Effekt der Kontiguität kann durch Signalisierung, d. h. einerseits durch Form- und Farbgebung, intuitive inhaltliche Zusammenhänge oder das Anzeigen von Bezügen und andererseits durch farbliche Codierungshilfen verstärkt werden (Küpper & Weck, 2021). Als verständnisfördernd in den Naturwissenschaften gilt die Verwendung von Fotos als optische Maßnahmen, da deren Dekodierung weniger Kapazität des Arbeitsgedächtnis benötigt als z. B. Symbole oder Piktogramme (Scholz et al., 2016). Darüber hinaus können Fotos einen ganzen Satz bzw. Arbeitsschritt wie „*Stelle den Motor neben die Schale.*“ abbilden. Damit stellen sie in eBooks keine Redundanz der Arbeitsanweisung dar, sondern können weitere Hinweise liefern, z. B. wie genau der Motor zur Schale positioniert sein soll, ohne dies langatmig zu beschreiben. Eine andere Methode sind Videoanleitungen. Bei dieser Methode werden durch Experimentiervideos Handlungen (in Teilsequenzen) dargestellt, die die Lernenden z. B. nachahmen und in den Unterricht transferieren sollen (siehe 2.2). Im inU kann dies z. B. in Form sogenannter *Multitouch-Experiment-Instructions (MEI)*, d. h. durch medial angereicherte Experimentieranleitungen in Form von eBooks, umgesetzt werden (Probst et al., 2020), um das eigenständige *Forschende Lernen* zu fördern (Irion & Hägele, 2020). Da multimediale Elemente i. d. R. im eBook gespeichert werden, können diese auch ohne WLAN im Klassenraum genutzt werden. Gerade die Integration von eben jenen multimedialen Elementen machen eBooks für den schulischen Kontext, insbesondere den inU, attraktiv. So können z. B. Foto(-Galerien), Videos, Audiodateien, Wiederholungen/Tests, Links und Dateiverknüpfungen oder Textfelder, die beim Anklicken erscheinen (Pop-Overs), in eBooks eingefügt oder Texte mit einer Vorlesefunktion angehört werden. Für die naturwissenschaftliche Begriffsbildung, die u. a. auch als Konstruktionsmittel für Verstehensprozesse

fungiert, ist unabdingbar, Lernende mit der Fachsprache zu konfrontieren. Dies kann dank eBooks mit Bildern und (Audio-)Erklärungen sowie durch auffällige Formatierungen unterstützt und gleichzeitig sprachsensibel umgesetzt werden. Darüber hinaus kann ein eBook-spezifisches Glossar erstellt werden, das in sich verlinkt ist, damit ein hypertextuelles Lesen ermöglicht wird und so naturwissenschaftliche Zusammenhänge aufgezeigt werden. Durch ein Potpourri an multimedialen Elementen kann den Lernenden ein vielfältiges Angebot gemacht werden, sich den Zugang zu einem Experiment zu erschließen. Diese Wahlmöglichkeiten wirken sich wiederum positiv auf Motivation und Selbstwirksamkeit aus und fördern die Eigenverantwortung der Lernenden (LS, 2018), insbesondere wenn sie mit konkreten Handlungen – wie dem Experimentieren – verknüpft sind. Programme wie z. B. *iBooks Author* oder *Pages*, mit denen eBooks erstellt werden können, verfügen über mehrere Formatvorlagen, in die multimediale Elemente reinkopiert werden können. Um den individuellen Bedürfnissen der Lernenden zu begegnen, z. B. in Bezug auf Informationsfülle, Farbgebung, Schriftart und -größe, lassen sich Formatvorlagen adaptieren. Auch die eingefügten multimedialen Elemente können z. B. in Bezug auf Beschriftungen, Größen und Platzierungen angepasst werden. Inhalte können durch Kapitel, Abschnitte und Seiten anders strukturiert werden als in Printmedien, sodass z. B. die einzelnen Phasen und Arbeitsschritte beim Experimentieren durch den Aufbau des eBooks verdeutlicht werden können. Da Lernende mit einer linearen Textstruktur vertraut sind, sollten eBooks über ein klares Design, eine übersichtliche Navigation und eine Seitenorganisation verfügen, um ein sogenanntes „Lost in Hyperspace“ (Nerdel, 2017, S. 201) als zusätzliche Barriere für Partizipation zu verhindern. Trotz optimaler Gestaltung digitaler Bildungsinhalte haben mehrere empirische Untersuchungen und Metaanalysen ergeben (Hillmayr et al., 2017), dass instruktionale Unterstützung und Hilfestellung durch die Lehrkraft dennoch unverzichtbar sind. Einerseits können Fotos missverstanden werden (Scholz et al., 2016) oder der Abgleich der eigenen Handlung mit einem Foto oder Video kann für die Lernenden kognitiv zu anspruchsvoll sein, insbesondere wenn diese nicht aus der Sicht der handelnden Person aufgenommen wurden. Daher ist es Aufgabe der Forschung zu ermitteln, wie eBooks universal gestaltet werden können, um möglichst viele Barrieren zu beseitigen und allen Lernenden im uU Partizipation zu ermöglichen.

3.2 Experimentiervideos

Die Kombination aus der Methode des Experimentierens mit dem Werkzeug Videografie mündet im Medium des Experimentiervideos. Dieses unterliegt jedoch in der Vorstellung und etwaigen Nutzung von Lehrenden einer bisher sehr einseitigen Betrachtung (siehe 2.1). Mit Experimentiervideos können jedoch vielseitige, inklusive Zugänge fachdidaktisch-pädagogisch beschrieben werden, die durch

die Adressierung ausgewählter *Barrieren* beim Experimentieren *Partizipation* der Lernenden ermöglichen. Hierbei spielt zum einen die didaktische Funktion eine entscheidende Rolle, die mit der jeweiligen Integration des Videos beim Experimentieren verfolgt wird. Zum anderen ist das Videoformat zentral, wobei die Formateigenschaften wiederum eng mit der realisierbaren didaktischen Funktion zusammenhängen. Ein Erklärvideo zum Experimentieren (Szabone Varnai, 2021) fokussiert laut der Definition von Wolf (2015) auf Erläuterungen zum Experiment, zur experimentellen Durchführung und/oder der zugrundeliegenden Zusammenhänge/Konzepte. Es lässt sich u. a. von einem experimentellen Video-tutorial bzw. einer Videoexperimentieranleitung (Mézes et al., 2012), dem eine Vormachen-Nachmachen-Funktion unterliegt, abgrenzen. Ebenso stehen diesen beiden Formaten den in der Physik etablierten interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE; Kirstein et al., 2016) gegenüber. IBEs haben Parallelen zum Experimentiervideo, unterscheiden sich jedoch im Format von VidEX-Experimentiervideos (Fotos vs. Bewegtbilder). VidEX (www.videx-nawi.de) steht für *Lehren und Lernen mit Experimentiervideos im naturwissenschaftlichen Unterricht* und adressiert im Schwerpunkt fachmethodische Kompetenzen der Lernenden zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005; KMK, 2021). Einhergehend mit der Förderung jener Kompetenzen können in forschend angelegten Lernumgebungen Barrieren auftreten, die neben organisatorischen Rahmenbedingungen zur Realisierung (*Umwelt, Funktionssystem*) insbesondere individuelle Fähigkeiten zur *Kommunikation* und der Umsetzung von *Denk- und Arbeitsweisen* sowie Lernvoraussetzungen betreffen. Neben Schwierigkeiten in der Formulierung von Fragestellungen und Hypothesen birgt insbesondere die Planungsphase besondere Herausforderungen (siehe Tabelle 1). (Videobasierte) Unterstützungsmaßnahmen zu oder in den einzelnen Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses können im zeitlichen Verlauf unterschiedlich eingebunden werden. Vor der eigenen Planung eines Experimentes können digitale Lernunterstützungen z. B. in Form von Erklärvideos/Animationen den Lernenden offenlegen, welche fachmethodischen Wissensbestände von ihnen angewendet werden sollen, d. h. was eine gute Planung ausmacht, um diese auf das eigene Experiment zu übertragen (Meier & Kastaun, 2021). Ebenfalls können gestufte Lernunterstützungen im Planungsprozess oder am Ende mit einem rückwirkenden, reflektierten Blick eingesetzt werden. Hierbei kann es sich um fachmethodisch standardisierte Informationen (gestufte Hilfen; Arnold et al., 2017; Kleinert et al., 2021) oder adaptive Informationen mit Feedbackfunktion (Feedbackkarten; Meier & Kastaun, 2021) handeln. Experimentiervideos können in diesem Sinne ebenso als Unterstützungs-/Lerninstrument eingesetzt werden, wobei sie inhaltlich nicht die Planung eines Experimentes beschreiben, sondern das Planungsprodukt visualisieren. Je nach Einbindung des Experimentiervideos kann dieses auch als Lösungsbeispiel fungieren. Die in den VidEX-Experimentiervideos (z. B. zum Einfluss der Temperatur

auf die Enzymaktivität oder zum Druck in Gasen) dargestellten Inhalte beziehen sich auf den Übergang zwischen der Planung und Durchführung des Experimentes sowie explizit auf die Durchführung und Datengenerierung. *VidEX*-Experimentiervideos verfolgen nicht das Ziel, standardisierte Experimente idealisiert darzustellen, sondern zeigen reale Durchführungen. Da diese an methodische Grenzen stoßen, können Experimentiervideos ebenso zur Fehleranalyse als Teil der Interpretation eingesetzt werden. Ein möglicher Einsatz von Experimentiervideos in den jeweiligen Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses einhergehend mit der didaktischen Funktion zeigt Tabelle 3.

Mit den Zeitpunkten zum Einsatz eines Experimentiervideos (oder Elementen daraus) geht ein Differenzierungspotenzial auf Ebene der Lernvoraussetzungen und des Lerntempos einher. Es wird möglich, auf Wissensbestände der Lernenden individuell einzugehen und einschränkende Bedingungen und Barrieren u. a. bei der praktischen Durchführung eines Experimentes, ausgehend von den Fähigkeiten der Lernenden über den Einsatz eines Experimentiervideos, entgegenzuwirken bzw. diese zu berücksichtigen (*Selbst*). Ebenso können Sprachbarrieren zum einen über die Darbietung in Bild und ggf. Ton sowie zum anderen mittels gezielter Texteinblendung (siehe 3.1) minimiert werden (*Kommunikation/Selbst*, siehe Tabelle 1).

Neben dem binnendifferenzierten Einsatz von Experimentiervideos kann auch mit einer differenzierten Gestaltung die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen adaptiv, bezogen auf individuelle Lernendenmerkmale, erfolgen (Meier et al., 2022). Die Gestaltung kann sich hierbei auf die Nutzung unterschiedlicher Darbietungsmodi (z. B. mit/ohne Audio, mit/ohne Texteinblendung) oder die unterschiedliche Ausgestaltung eines (gleichen) Experimentes beziehen, sodass jeweils mehrere Versionen von einem Experimentiervideo vorliegen. Mit einer methodisch unterschiedlichen Umsetzung eines Experimentes kann eine Komplexitätsstufung realisiert werden, z. B. durch die Nutzung von Alltagsmaterialien vs. Laborgerätschaften oder einfacher vs. komplexer Aufbauten mit i. d. R. umfangreicheren Messungen.

Zusammenfassend wird deutlich, dass dem Experimentiervideo mehr Potenzial im inU zugesprochen werden kann und sollte, als es bisher geschieht. Lehrkräfte verbinden mit dem Format Experimentiervideo eine Ersatzfunktion bzw. ein Ersatzmedium gegenüber dem realen Experiment (siehe 2.1), welches nur in Notfällen oder bei einschränkenden Bedingungen eingesetzt werden sollte (Meier et al., 2022). Jedoch können Experimentiervideos in der unterrichtlichen Einbettung neben einer erklärenden oder anleitenden Funktion zum Experiment/Experimentieren in unterschiedlichen Ausprägungen auch als Lehr- und/oder Analysegegenstand im Lern- bzw. Experimentierprozess fungieren (siehe Tabelle 3). Inwieweit diese Einsatzszenarien zum Experimentiervideo in einer differenzierten Kompetenzförderung münden, bleibt zukünftig noch praktisch und empirisch zu prüfen.

Tab. 3: Integration von Experimentiervideos in ausgewählte Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses.

	Planungsphase <i>Die Lernenden planen unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Materialien ein reales Experiment.</i>	Durchführungsphase <i>Die Lernenden führen das Experiment real oder digital durch und generieren Messdaten.</i>			Fehleranalyse in der Auswertungsphase <i>Die Lernenden analysieren das reale und/oder digitale Experiment hinsichtlich fachmethodischer Fehler/Störvariablen.</i>
phasen-/zeitbezogener Einsatz	vor der Planung	während der Planung	nach der Planung	begleitend zur realen Durchführung	begleitend zur realen Analyse
Medienformat der Einbindung	Standbild des Versuchsaufbaus aus dem Video	Sequenz (i. d. R. erste Messung) aus dem Video	komplettes Video	komplettes Experimentiervideo	komplettes Experimentiervideo
Instruktionale/fachdidaktische Funktion der Einbindung	Impulse zur eigenen Planung generieren	eigene Planungsideen oder „fertigen“ Versuchs- bzw. Arbeitsplan reflektieren und überarbeiten	Anleitung zur realen Durchführung	Ergebnisse aus dem Video generieren und ggf. mit Durchführung abgleichen	Abgleich mit Feh- lern in der eigenen (realen) Durch- führung
				Fehler- analyse umsetzen basierend auf dem Video	eigene Fehler- analyse anhand des Videos reflektieren und ggf. erweitern

4 Fazit

Die Umsetzung eines inU in der Praxis erfordert, dass Lehrkräfte neben entsprechendem Professionswissen positive Einstellungen gegenüber Inklusion und digitalen Medien entwickeln. Eine gezielte Förderung von Lehrkräften zum expliziten Erkennen von Barrieren beim Experimentieren und eine Vermittlung von digitalen Handlungsoptionen, um diesen Barrieren zu begegnen, könnte eine sinnvolle Maßnahme sein, um die Themen Inklusion und Digitalisierung beim naturwissenschaftlichen Arbeiten stärker miteinander zu verknüpfen. Daneben stellt die Entwicklung und Evaluation von best-practice Beispielen zum Einsatz digitaler Medien, wie z. B. von eBooks oder Experimentiervideos, im inU ein aktuelles Forschungsdesiderat dar, zu dem bisher nur wenige Arbeiten vorliegen (siehe *systematical review* von Fränkel & Schroeder, in diesem Band). Lehrkräfte benötigen empirisch fundierte *best-practice* Beispiele, um die Verknüpfung von digitalen Medien und Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht in ihrer Unterrichtspraxis umsetzen zu können. Erfreulicherweise gibt es mittlerweile einzelne Beispiele, wie die Sonderhefte *Digitalisierung & Inklusion* der Zeitschrift *digital unterrichten Biologie* oder die Ausgabe *Inklusion digital* der Zeitschrift *Computer + Unterricht*, die dazu beitragen, die in diesem Beitrag skizzierte Vision eines digitalen und inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichtes in der Schulpraxis zu etablieren. Ob und inwieweit vorgeschlagene Einsatzszenarien digitaler Medien im inU in einer (bisher hauptsächlich postulierten) Kompetenzförderung münden, bleibt jedoch durch die naturwissenschaftsdidaktische Forschung weiterführend zu prüfen.

Literaturverzeichnis

- Abels, S. & Stinken-Rösner, L. (2022). „Dikulsion“ im naturwissenschaftlichen Unterricht – Aktuelle Positionen und Routenplanung. In E. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWI-gation von Inklusion. Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (S. 5–20). Wiesbaden: Springer VS.
- Ainscow, M. (2007). Taking an inclusive turn. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 7(1), 3–7.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *ZfDN*, 23, 21–37.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *ZfDN*, 24(1), 115–129.
- Booth, T. & Ainscow, M. (2016). *The index for inclusion: A guide to school development led by inclusive values* (Fourth edition). Index for Inclusion Network.
- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy: An international symposium* (S. 37–69). Kiel: IPN-Leibniz Institute for Science and Mathematics Education.
- Eickelmann, B. & Vennemann, M. (2017). Teachers' attitudes and beliefs regarding ICT in teaching and learning in European countries. *European Educational Research Journal*, 16(6), 733–761.
- Fränkel, S. & Schroeder, R. (2023). Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews. In diesem Band.

- GFD (2015). Position der Gesellschaft für Fachdidaktik zum inklusiven Unterricht unter fachdidaktischer Perspektive. Abgerufen am 04.05.2022 von: <http://www.fachdidaktik.org/wp-content/uploads/2015/09/GFD-Stellungnahme-zum-inkluisiven-Unterricht-Stand-28.01.2017.pdf>
- GFD (2018). Fachliche Bildung in der digitalen Welt. Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik. Abgerufen am 04.05.2022 von: <https://www.fachdidaktik.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/07/GFD-Positionspapier-Fachliche-Bildung-in-der-digitalen-Welt-2018-FINAL-HP-Version.pdf>
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe – Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.
- Höfler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: a meta-analysis. *Learning in Instruction*, 17(6), 722–738.
- Irion, T. & Hägele, N. (2020). MuxBooks, Das Arbeitsheft der Gegenwart. *Grundschule Deutsch*, 1(65), 16–17.
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote* (5. Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter GmbH.
- Kirstein, J., Haase, S., Mühlenbruch, T. & Nordmeier, V. H. (2016). 20 Jahre Interaktive Bildschirmexperimente: Von den Anfängen bis zu ELIXIER. Abgerufen am 09.02.2022 von: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/739>
- Kleinert, S. I., Isaak, R. C., Textor, A. & Wilde, M. (2021). Die Nutzung gestufter Lernhilfen zur Unterstützung des Experimentierprozesses im Biologieunterricht – eine qualitative Studie. *ZfDN*, 27, 59–71.
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Abgerufen am 03.03.2022 von: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (2017). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Abgerufen am 21.01.2022 von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister (2021). Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021). Abgerufen am 01.03.2022 von: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- Krönig, F. K. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität. Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. In I. Schell (Hrsg.), *Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis* (S. 40–50). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Kunz, A., Luder, R. & Moretti, M. (2010). Die Messung von Einstellungen zur Integration (EZI). *Empirische Sonderpädagogik*, 2, 83–94.
- Küpper, A. & Weck, H. (2021). Experimentelle Unterrichtsphasen im inklusiven Physikunterricht mit digitalen Medien gestalten. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, und C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 10–25). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Laubmeister, C. & Weck, H. (2022). Fachtexte im inklusiven Biologieunterricht. *digital unterrichten Biologie*, 5, 4–5.
- LS/Landesinstitut für Schulentwicklung (2018). Im digitalen Zeitalter qualitätsorientiert lernen. Chancen und Grenzen digitaler Medien. Eine Handreichung für Lehrkräfte aller Fächer aus allen Schularten, -stufen und -typen. Abgerufen am 05.03.2022 von: <https://www.schule-bw.de/>

- themen-und-impulse/uebergreifende-erziehung/medienerziehung/handreichungen/basisband/
 handreichung-im-digitalen-zeitalter-qualitaetsorientiert-lernen-dl-01.pdf
- Mastropieri, M. A. & Scruggs, T. E. (2014). *The inclusive classroom: Strategies for effective differentiated instruction* (Fifth edition). Boston: Pearson.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (Second Edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Meier, M. (2016). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Berlin: Logos.
- Meier, M. & Kastaun, M. (2021). Lernunterstützungen als Werkzeug individualisierter Förderung im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biomedizinischer Forschung – Vom Lernort Natur über Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Lehrberufprofessionalisierung* (S. 95–116). Münster: Waxmann.
- Meier, M., Kastaun, M. & Stinken-Rösner, L. (2022). Experimentiervideos im naturwissenschaftlichen Unterricht. Lehren und Lernen mit und durch VidEX. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWligation von Inklusion. Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (S. 51-65). Wiesbaden: Springer VS.
- Mézes, C., Erb, R. & Schröter, E. (2012). Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(11), 17–27.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Pola, A. & Koch, S. (2019). Berufsfeld Förderschulen. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (S. 132–140). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Probst, C., Seibert, J. & Huwer, J. (2020). Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. To-do-Apps und Multitouch-Experiment-Instructions als Instrument zur Förderung der Selbstregulation, *Computer + Unterricht*, 117, 14–17.
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C. & Endres, A. (2016). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67(10), 454–464.
- Sharma, U. & Jacobs, D. K. (2016). Predicting in-service educators' intentions to teach in inclusive classrooms in India and Australia. *Teaching and Teacher Education*, 55, 13–23.
- Stinken-Rösner, L. (2020). Simulations in Science Education – Status Quo. *Progress in Science Education*, 3(1), 26–34.
- Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, und C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 161–175). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menche, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3, 30–45.
- Szabone Varnai, A. (2021). Experimentierkompetenz mit kurzen Erklärvideos fördern. In J. Meßinger-Koppelt & J. Maxton-Küchenmeister (Hrsg.), *Naturwissenschaften Digital. Band 1* (aktual. Aufl., S. 78–81). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Van Dijk, J. A. G. M. (2017). *Digital Divide: Impact of Access*. In *The International Encyclopedia of Media Effects*, 1–11.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25(1), 115–129.
- Weidenhiller, P. (in Vorbereitung). Fachspezifische Arbeitsweisen in heterogenen Klassen digital unterstützen. Eine Interventionsstudie mit Biologie-Lehrkräften an Gymnasien und FOS/BOS.
- Wolf, K. D. (2015). Videotutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In C. Trültzsch-Wijnen & A. Hartung (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel* (S. 121–131). Wien: New Academic Press (Mediale Impulse 2).
- Živković, D. (2005): *The electronic book. The change of paradigm for a changing bookmarket*. Berlin: BibSpider.