

Fränkel, Silvia; Schroeder, René

Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews

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. 51-65



Quellenangabe/ Reference:

Fränkel, Silvia; Schroeder, René: Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews - 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. 51-65 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-263023 - DOI: 10.25656/01:26302

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-263023>

<https://doi.org/10.25656/01:26302>

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

Silvia Fränkel und René Schroeder

Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews

Abstract

Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (Nawi-U) besitzen das Potenzial, Barrieren bei Schüler:innen in Bezug auf das (über-)fachliche Lernen abzubauen und/oder Lernprozesse zu strukturieren, zu individualisieren und zu optimieren, sodass Teilhabe an naturwissenschaftlicher Grundbildung ermöglicht wird. In diesem Kontext sind in den letzten Jahren zahlreiche digitale Konzepte, Formate und Tools entwickelt worden. Der Beitrag bündelt den aktuellen Forschungsstand im Rahmen eines systematischen Literaturreviews. Das Review gibt einen Überblick über die aktuelle Publikationslage und stellt dar, welche digitalen Lernmöglichkeiten für den inklusiven Nawi-U vorliegen, welche naturwissenschaftlichen Fächer, Zielgruppen und -dimensionen in den Blick genommen, welche Barrieren und Potenziale adressiert und welche Wirkeffekte auf das (über-)fachliche Lernen bedeutsam werden. Auf Basis des Reviews werden abschließend Implikationen und Forschungsdesiderata herausgearbeitet.

Schlagworte

Digitalisierung, inklusiver Unterricht, naturwissenschaftliche Grundbildung, Teilhabe, scientific literacy

1 Naturwissenschaftliche Grundbildung für alle

Ausgangspunkt dieses Beitrages bildet eine Sichtweise auf inklusiven Nawi-U, die Inklusion und naturwissenschaftliche Grundbildung in einem interdependenten Verhältnis zueinander betrachtet. Inklusion als umfassende Teilhabe an (schulischen) Bildungsprozessen bedingt einen barrierefreien Zugang zu naturwissenschaftlicher Grundbildung. In einer inklusiven Gesellschaft wird diese Teilhabe allen Menschen durch die schulische Ausbildung der erforderlichen Kompetenzen ermöglicht (Musenberg & Riegert, 2015). Aus dieser Perspektive geht es somit um die Verbesserung der Bildungs- und Teilhabechancen insbesondere marginalisierter bzw. vulnerabler Gruppen im Sinne eines dialektischen Inklusionsverständnisses

(Lindmeier & Lütje-Klose, 2015), die bisher nur wenig an Angeboten naturwissenschaftlicher Bildung partizipieren konnten. Umgekehrt stellt eine fundierte naturwissenschaftliche Grundbildung eine wesentliche Gelingensbedingung dar, um in einer durch Naturwissenschaften und Technik stark geprägten postmodernen Gesellschaft umfassend teilhaben zu können (Menthe et al., 2017). Im Kontext eines emanzipatorischen Bildungsbegriffs (Klafki, 2007) besteht die Herausforderung, alle Lernenden zu befähigen *„naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen zu kommunizieren und zu reflektieren, um darüber entscheidungsfähig zu werden“* (Walkowiak & Nehring, 2017, o. S.)

Naturwissenschaftliche Grundbildung bzw. Scientific Literacy (Bybee, 1997; Upmeyer zu Belzen & Beniermann, 2020) werden damit zu zentralen Bestandteilen inklusiver Curricula (Booth & Ainscow, 2017). Naturwissenschaftliche Grundbildung bestimmt sich diesbezüglich über vier Zielebenen (Stinken-Rösner et al., 2020), die es im Unterricht gleichermaßen zu adressieren gilt:

- (A) Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten
- (B) Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte
- (C) Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung
- (D) Lernen über die Naturwissenschaften

Entlang dieser Zielebenen entfaltet sich ein Spannungsfeld von Inklusion und Fachlichkeit (Abels, 2019), indem einerseits die spezifischen Chancen naturwissenschaftlichen Unterrichts für die Teilhabe aller Lernenden gesehen werden, aber ebenso bestimmte Barrieren anzuerkennen sind, die sich aus dem Wesen fachlichen Lernens zu naturwissenschaftlichen Phänomenen ergeben. Abels (2020) beschreibt dies als *„Bruchlinien inklusiver Gestaltung“* (S. 24). Gemeint ist, dass es gelingen kann, auf der konkreten Erfahrungsebene und in der gemeinsamen Phänomenbegegnung für alle Schüler:innen inklusive Momente im Unterricht herzustellen. Sofern aber eine abstraktere Modellebene verbunden mit entsprechenden Methoden der systematischen Erkenntnisgewinnung betreten wird, kann Nawi-U auch exkludierend wirken (Walkowiak & Nehring, 2017). Ein tradierter Bildungskanon und verbindliche Bildungsstandards bergen die Gefahr, Schüler:innen, die sich in ihrem Lernprozess jenseits fachlicher Normalitätserwartungen bewegen, auszuschließen.

Vor diesem Hintergrund lassen sich Teilhabepotenziale wie auch -barrieren für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht antizipieren (Abels, 2020; Fränkel, 2021; Menthe & Hoffmann, 2015; Stinken-Rösner & Abels, 2021; Stinken-Rösner et al., 2020; Walkowiak & Nehring, 2017), welche die inhaltlichen, methodischen und ebenso die kontextbezogenen Zielebenen betreffen: Potenziale liegen auf inhaltlicher Ebene z. B. im konkreten Phänomen sowie in einem Anknüpfen an individuelle Vorstellungen und Prä-Konzepte, wohingegen die hohe Komplexität modellhafter Erklärungen eine Barriere darstellen kann. Auf Ebene

der Erkenntniswege können Handlungsorientierung oder ein exploratives Vorgehen Beteiligung ermöglichen sowie motivierend gegenüber möglichen Schwierigkeiten beim Mathematisieren oder Modellieren wirken. Kontextbezug bedeutet einerseits eine hohe Anschlussfähigkeit an die Lebenswelt der Schüler:innen, kann aber ebenso zu Überkomplexität führen oder die Gefahr der Trivialisierung durch fachlich unangemessene Elementarisierung bedingen.

Obwohl der fachdidaktische Diskurs zur Frage eines inklusiven Nawi-U – zumindest im deutschsprachigen Raum – erst seit wenigen Jahren intensiver geführt wird, liegen in Anerkennung der beschriebenen Potenziale und Barrieren bereits verschiedene konzeptionelle Vorschläge zu unterrichtlichen Umsetzungsstrategien vor. Diese fokussieren vorrangig die Ebene naturwissenschaftlicher Erkenntniswege, z. B. durch die Bereitstellung einer adaptiven bzw. differenzierten Experimentier- und Lernumgebung (z. B. Rott, 2018; Weirauch et al., 2021) oder die Betonung forschenden Lernens (z. B. Abels, 2015; Schroeder et al., 2021). Unter Perspektive barrierefreier Lernzugänge wird der Ansatz des Universal Design for Learning als relevante Orientierungsgrundlage betrachtet (z. B. Nehring & Walkowiak, 2020; Schlüter et al., 2016). Schließlich wird der Einsatz digitaler Tools und Medien als erfolgversprechende Umsetzungsstrategie angesehen (z. B. Stinken-Rösner & Abels, 2021). Entsprechend soll im Folgenden die Bedeutung digitaler Medien und Tools für inklusiven Nawi-U näher in den Blick genommen werden.

2 Digitale Medien als Chance für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht?

Mit dem Einsatz digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht wird die Erwartung verbunden, einzelne Barrieren für die Teilhabe (Stinken-Rösner & Abels, 2021), wie der Übergang zur Modellebene, fehlende Schriftsprachkompetenz, motivationale Probleme oder anspruchsvolle Arbeitstechniken, zu überwinden, sodass die Potenziale im Sinne naturwissenschaftlicher Grundbildung für alle umfänglich genutzt werden können. Stinken-Rösner und Abels (2021) verweisen hierzu auf die besondere Mittlerfunktion digitaler Medien zwischen Ansprüchen inklusiver Pädagogik und Zielsetzungen naturwissenschaftlichen Unterrichts:

Gezielt eingesetzt können digitale Medien gewinnbringende Ergänzungen zu traditionellen Unterrichtsformen darstellen, durch die naturwissenschaftstypische Barrieren im Unterricht abgebaut werden können. (ebd., S. 172)

Ausgehend von der Frage nach der (fach-)didaktischen Passung zwischen Medium, Lernziel und Funktion des Mediums für den Lernprozess der Schüler:innen

(Ropohl, 2021) sollten Entscheidungen für den Einsatz digitaler Medien mit den vier Zielebenen eines (inkluisiven) Nawi-U eng verknüpft sein (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Neben grundsätzlichen positiven Wirkeffekten auf die Lernleistung eines Einsatzes digitaler Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht (Hillmayr et al., 2017) werden für inkluisiven Unterricht weitergehende Vorteile gesehen. Dies betrifft z. B. Aspekte der Multimedialität, Multicodierung und Interaktivität (Bosse, 2018; Küpper & Weck, 2021), die ein Lernen über unterschiedliche Repräsentations- und Aneignungsmodi ermöglichen. Ebenso kann stärker individualisiert gelernt werden (Nehring et al., 2019), ohne dass eine permanente Abhängigkeit von professioneller Unterstützung im Unterricht gegeben ist (Edler, 2015). Schließlich erfolgt der Einsatz digitaler Tools mit dem Ziel, fachspezifische Barrieren zu reduzieren. Systematisch lassen sich entlang der vier Zielebenen des Nawi-U zunächst heuristisch spezifische Potenziale bestimmen (Stinken-Rösner & Abels, 2021): Auf Ebene des Kontextes sind diese z. B. Möglichkeiten, Alltagsphänomene über Videos oder Bilder in das Klassenzimmer zu holen. Es können leichter aktuelle Bezüge zum Alltag hergestellt werden oder auch eine Verfügbarkeit über den Unterricht hinaus ist denkbar, etwa für Zugriffsoptionen im häuslichen Umfeld. Inhaltlich können multimodale Zugangsweisen oder eine digital gestützte Modellierung und Visualisierung beim Verständnis helfen sowie auch Barrieren im Umgang mit Schrift- und/oder Fachsprache vermieden werden. Bezüglich der Erkenntniswege und Methoden kann in Verbindung mit assistiven Technologien ein barrierefreier Zugang zu Arbeitstechniken und Versuchen gewährleistet werden. Software kann Prozesse der Datenauswertung und Modellierung unterstützen. Virtuelle Experimente können neue Möglichkeitsräume eröffnen. Im Lernen über Naturwissenschaften bieten Science-Media-Angebote schließlich den direkten Kontakt zu Wissenschaftler:innen oder virtuelle Museumbesuche machen die Geschichte der Naturwissenschaften im Klassenraum erlebbar. Inwieweit hierzu jedoch bereits evaluierte Konzepte und Tools vorliegen bzw. wie die unterschiedlichen Zielebenen diesbezüglich adressiert werden, ist bisher nicht systematisch erfasst.

3 Systematisches Review zu digitalen Medien im Kontext inkluisiven naturwissenschaftlichen Unterrichts

Um den bisherigen Forschungsstand zu digitalen Medien für einen bzw. in einem inkluisiven Nawi-U zusammenfassend zu erschließen, wurde ein systematisches Literaturreview (Gough, et al., 2017) durchgeführt. Nachfolgend sollen die damit verbundenen Forschungsfragen vorgestellt, das methodische Vorgehen transparent gemacht sowie Ergebnisse dargestellt und systematisierend erschlossen werden.

3.1 Forschungsfragen

Das durchgeführte systematische Review greift entlang der zuvor skizzierten theoretischen Überlegungen zur Bedeutung sowie dem Einsatz digitaler Medien im inklusiven Nawi-U folgende Forschungsfragen auf:

- F1 Wie stellt sich die Publikationslage dar und welche Zielebenen und -gruppen werden in den vorliegenden Publikationen adressiert?
- F2 Welche Konzepte und Tools für eine digitale Lernunterstützung im inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterricht liegen vor?
- F3 Welche Potenziale wie Barrieren für inklusiven Nawi-U werden adressiert?
- F4 Welche Erkenntnisse gibt es zu möglichen Wirkeffekten auf das fachliche und/oder überfachliche Lernen von Schüler:innen mit unterschiedlichen Voraussetzungen?

3.2 Datenkorpus und methodisches Vorgehen im Rahmen des systematischen Reviews

Für die Analyse fand eine Eingrenzung auf den Zeitraum von 2001 bis Juli 2021 statt. 2001 wurde als Ausgangspunkt gewählt, da davon auszugehen ist, dass die Entwicklung digitaler Technologien, insbesondere internetbasierte Anwendungen, vorrangig in den letzten 20 Jahren erfolgt ist und frühere Technologien bereits veraltet sein dürften. Eine stichprobenartige Suche zeigte hier, dass vor 2001 praktisch keine relevanten Publikationen vorliegen. Berücksichtigt wurden nur englisch- und deutschsprachige Fachpublikationen, die über die beiden für fachdidaktische Kontexte relevanten Fachdatenbanken FIS Bildung sowie ERIC gelistet sind. Hierbei wurden sowohl empirische wie auch theoretisch-konzeptionelle Arbeiten berücksichtigt.

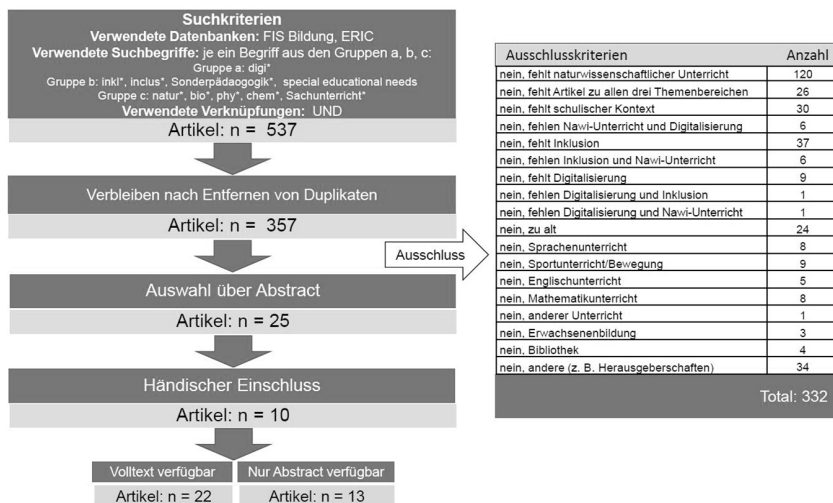


Abb. 1: Flussdiagramm zum durchgeführten systematischen Review (eigene Darstellung)

Die Suche erfolgte entlang dreier Begriffsgruppen: a) digi* b) inkl*, inclus*, Sonderpädagogik*, special educational needs c) natur*, bio*, phy*, chem*, Sachunterricht*. Diese wurden jeweils mit dem Operator UND verknüpft. Nach Entfernung von Duplikaten verblieben 357 potenziell relevante Publikationen. Entlang der definierten Ausschlusskriterien (siehe Abbildung 1) konnten anhand der vorliegenden Abstracts 25 passende Publikationen identifiziert werden. Da es sich um ein aktuell sehr dynamisches Forschungsfeld handelt, wurden 10 Artikel händisch ergänzt, die inhaltlich eine hohe Passung aufwiesen, aber entweder aufgrund einer Veröffentlichung in einem Herausgeber:innenband oder ihrer erst kürzlich zurückliegenden Veröffentlichung noch nicht in den Datenbanken gelistet waren. Insgesamt konnten 35 Publikationen für das Review berücksichtigt werden. Davon waren 22 als Volltext und 13 als Abstract verfügbar. Die Publikationen wurden gemäß den formulierten Forschungsfragen sowohl quantitativ als auch qualitativ analysiert. Auf quantitativ-kategorialer Ebene wurden die Art der Publikation (empirisch oder theoretisch-konzeptionell), der fachliche wie auch inhaltliche Schwerpunkt, die adressierte Zielebene und Zielgruppe systematisiert. Qualitativ wurde analysiert, welche Konzepte und Tools konkret vorliegen, inwieweit spezifische Barrieren und Potenziale berücksichtigt und welche Wirkeffekte ggf. berichtet werden.

4 Ergebnisse

4.1 Quantitative Analyse vorliegender Publikationen

Tab. 1: Ergebnisse des systematischen Literaturreviews

Nr.	Referenz (alphabetisch)	Art	Fach	Konzept/Tool	Zielgruppe/HD	Zielebene	Wirkeffekte
1	Baumann & Melle (2019)	e	Chem	Lernsoftware	alle S:S	B	signifikante Lernzuwächse
2	Bender & Liese (2002)	k	Chem	AT	blinde/s. S:S	B	n. a.
3	Colwell, Hutchinson & Woodward (2020)	k	STEM	Rahmenkonzeption	Fachsprache	B	n. a.
4	Eysink, van Dijk & de Jong (2020)	e	STEM	differenziertes Gruppenpuzzle	soziale Integration; fachliche Teilhabe	A	n. a.
5	Fantin, Sutton, Daumann & Fischer (2016)	k	Chem	AT	blinde/s. S:S	B	n. a.

6	Gomes, Cava- co, Morgado, Aires-de-Sousa & Fernandes (2020)	e	STEM	AT	blinde/s. S:S	C	n. a.
7	Greitemann, Baumann, Holländer, Kie- serling, Zimmer- mann & Melle (2021)	e	Chem	digitale Lern- hilfen	alle S:S	B	a
8	Greitemann & Melle (2020)	e	Chem	Erklärvideos vs. Aufgaben	alle S:S	B	signifikante Stei- gerung des Fach- wissens (Mpre=.29, Mpost=.50); Attraktivitätstest nicht signifikant
9	Hawkins, Ratan, Blair & Fordham (2019)	e	STEM	digitale Lern- spiele	leistungs- bezogene Motivation	n. a.	signifikanter Effekt bei 9-10 Jährigen
10	Horney et al. (2009)	e	STEM	digitale No- tizen	alle S:S	B	Sprachnotizen d= .41 - .46
11	Huang, Ball, Cotten & O'Neal (2020)	e	STEM	direkte Com- puternutzung	Zugangs- weisen; STEM- Attitudes	n. a.	enaktive Erfah- rung bei der Computernut- zung als zentraler Prädiktor (0.272) für technologie- bezogene Selbst- wirksamkeit
12	Kalonde, 2019	e	STEM	inklusive Technologien	Medienein- satz durch LK	n. a.	n. a.
13	Kieserling & Melle (2020)	e	Chem	Tablets vs. analog	alle S:S	C	Post: Wissenszu- wachs signifikant, Follow Up: ni- velliert
14	Kim (2016)	e	SU	multimodales Modellieren	geistige Entwicklung	C	n. a.
15	Küpper & Weck (2021)	k	Phy	eBooks	alle S:S	C	n. a.
16	Küsel & Markic (2019)	e	Chem	videobasierte Lerneinheit	Sprachsens- ibilität	B	n. a.
17	Lee & Tu (2016)	e	STEM	iPad Instrukti- onen	Sprache / Förderbe- darf	B	n. a.
18	Liese (2003)	k	STEM	AT	blinde/s. S:S	C	n. a.

19	Martinez-Álvarez (2017)	e	STEM	digital Camera	Bilingualität	D	n. a.
20	Mukherjee, Garain & Biswas (2014)	e	Ma-the	AT	blinde S:S	C	Post: Besseres Erkennen der Formen
21	Nair (2003)	e	STEM	digital Library	alle S:S	B	n. a.
22	Nárosy (2018)	k	STEM	Rahmen-konzeptionen	n. a.	n. a.	n. a.
23	Pagano & Quinsland (2007)	k	STEM	Instant Messaging	gehörlose / schwerhörige S:S	n. a.	n. a.
24	Puddu, Koliander, Purgaj & Spitzer (2020)	e	Chem	digitale Lernumgebung	alle S:S	B, C	n. a.
25	Rivera, Hudson, Weiss & Zambone (2017)	e	STEM	Multimedia shared story	geistige Entwicklung	B	signifikante Lernzuwächse (Fachvokabular, digitale Kompetenz)
26	Rody (2013)	e	Bio	digitale vs. analoge Notizen	alle S:S	B	leicht höhere Punktwerte beim Wissensquiz (analoge Notizen)
27	Schroeder (2020)	e	SU	Mediennutzung	Mediennutzung durch Lehrkraft	n. a.	n.a.
28	Seremet, Gierl, Boskany, Schildknecht, Kauertz, Nitz & Nehring (2021)	e	STEM	digitales Seminkonzept	Studierende	n. a.	keine signifikanten Gruppenunterschiede
29	Shaw & Lewis (2005)	e	STEM	task presentation (digital vs. traditionell)	ADHS	B	signifikant bessere Ergebnisse und on-task-Verhalten (digitales Format)
30	Slemmons, Anyanwu, Hames, Grabski, Mlsna, Simkins & Cook (2018)	e	STEM	Video Length	alle S:S	B	keine signifikanten Unterschiede zwischen Lang- oder Kurzvideos (Wissenstest)
31	Stinken-Rösner & Abels (2021)	k	STEM	Rahmenkonzeption	n. a.	n. a.	n. a.
32	Vitoriano, Teles, Rizzatti & de Lima (2016)	e	Chem	AT	blinde/s. S:S	C	n. a.
33	Walkowiak & Nehring (2019)	e	STEM	digitale Lernumgebung	alle S:S	D	stärkere Streuung von Effektstärken bei digital-adaptiver Messung

34	Weinkle, Straford & Lee (2019)	e	Bio	Videotutorials	Sprecher: innenstimme	B	Lernzuwächse unabhängig von der Sprecher: innenstimme
35	Wollny (2015)	e	Phy	interaktives iBook	alle S:S	C	höhere Effekte bei Schüler:innen ohne SFB (d=.27) als mit SFB (d=f.12)

e = empirisch, k = konzeptionell, AT = Assistive Technologien, blinde/s. = blinde/sehbeeinträchtigte Schüler:innen, S:S = Schüler:innen, SFB = sonderpädagogischer Förderbedarf, HD = Heterogenitätsdimension, A = Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten, B = Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte, C = Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, D = Lernen über die Naturwissenschaften.

a = siehe Einzelstudien Kieserling & Melle (2020), Baumann & Melle (2019), Greitemann & Melle (2020).

Anmerkung zur Tabelle: Die vollständige Literaturliste des Reviews kann bei den Autor:innen angefragt werden.

Insgesamt konnten mit Bezug auf die erste Forschungsfrage (F1) 35 Beiträge im Rahmen des systematischen Literaturreviews identifiziert werden (siehe Tabelle 1). Davon waren 27 Beiträge empirisch und 8 konzeptionell angelegt. Die Beiträge sind folgendermaßen fachlich verortet: 19 fächerübergreifend (STEM), 9 Chemie, 2 Biologie, 2 Physik, 2 Sachunterricht, 1 Mathematik.

Die digitalen Konzepte und Tools, mit denen sich die Beiträge auseinandersetzen, waren vielfältig. (Anmerkung: Im Folgenden werden die Nummern der Beiträge immer dann angegeben, wenn die gebildete Kategorie nicht direkt aus der Tabelle entnommen werden kann, sondern nachträglich gebildet worden ist.) 10 Beiträge beschäftigen sich mit digitalen Lernumgebungen bzw. Angeboten, die sich überwiegend im Digitalen bewegen (Nr. 1, 8, 9, 14, 19, 21, 24, 25, 28, 33). 6 Beiträge erörtern bzw. beforschen assistive Technologien. 5 Beiträge analysieren den Nutzen verschiedener Methoden wie z. B. differenziertes Gruppenpuzzle oder Handlungsorientierung (Nr. 4, 10, 11, 17, 23). 4 Studien analysieren den Einsatz von Videos im Unterricht (Nr. 7, 16, 30, 34). 3 Studien vergleichen den digitalen vs. analogen Medieneinsatz (Nr. 13, 26, 29). 3 Beiträge lassen sich als STEM-Rahmenkonzeptionen klassifizieren. 2 physikdidaktische Beiträge beschäftigen sich mit dem Einsatz von E-Books im Unterricht (Nr. 15, 35). 2 weitere Studien untersuchen den Medieneinsatz bzw. die Mediennutzung von Lehrkräften (Nr. 12, 27).

Die Zielgruppen bzw. Heterogenitätsdimensionen, die in den Beiträgen adressiert werden, sind ebenfalls auf unterschiedlichen Ebenen angesiedelt. Die meisten Beiträge beziehen sich auf die Schüler:innen: 12 Beiträge fokussieren keine spezifische Heterogenitätsdimension, sondern alle Schüler:innen. 6 Artikel fokussieren blinde bzw. sehbeeinträchtigte Schüler:innen, 3 die Heterogenitätsdimension

Sprache, 2 den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und 3 sozial-emotionale Aspekte (Nr. 4, 9, 29). Darüber hinaus fokussieren 2 Beiträge lehrkraftbezogene Merkmale (12, 27) und 4 sonstige Zielgruppen und Merkmale (11, 23, 28, 34), wobei nur ein Beitrag hiervon Studierende fokussiert (28). 2 Beiträge lassen sich keiner spezifischen Zielgruppe oder Heterogenitätsdimension zuordnen (22, 31). In Bezug auf die Zielebenen naturwissenschaftlicher Grundbildung (siehe Kapitel 1) zielen die digitalen Konzepte bzw. Tools von 16 Beiträgen auf das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte ab, 9 auf das Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, 2 auf das Lernen über Naturwissenschaften und 1 auf die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten.

Wirkeffekte werden in 16 der 27 empirischen Beiträge berichtet. Von den 16 Studien berichten 10 positive Effekte bzw. Signifikanzen, 3 nicht-signifikante Ergebnisse und 3 Studien berichten Wirkeffekte. Diese sind aber nicht im vorliegenden Abstract/Paper verfügbar (Nr. 8, 17) oder beziehen sich auf Prädiktoren (Nr. 11). Bei den verbleibenden 11 Studien handelt es sich um qualitative Designs oder es konnten keine Wirkeffekte identifiziert werden.

4.2 Qualitative Analyse des vorliegenden Forschungsstandes

Die qualitative Analyse liefert Erkenntnisse zur Frage (F2) nach bisher verfügbaren Konzepten und Tools für eine digitale Lernunterstützung. Auf konzeptioneller Ebene lassen sich zunächst einzelne Rahmenmodelle identifizieren, die Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien in Verbindung mit fachlichen Bildungszielen setzen. Die sechsstufige Rahmenkonzeption „Planning for Elementary Digitally supported Disciplinary Literacy (PEDDL)” (Nr. 3) gibt didaktische Hinweise, wie digital gestütztes Lernen für alle Lernenden in die Praxis des Fachunterrichts implementiert werden kann. Das österreichische Kompetenzmodell *digi.komp* zur digitalen Grundbildung (Nr. 22) ordnet grundlegende Bildungsansprüche auch in Bezug auf fachdidaktische Fragestellungen der Naturwissenschaften ein. Mit dem konzeptionellen Beitrag von Stinken-Rösner und Abels (2021, Nr. 31) liegt ein Modell vor, auf dessen Basis Planungsentscheidungen im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht unter Beachtung der Potenziale wie Barrieren digitaler Medien reflektiert werden können.

Unter der Perspektive barrierefreier Lernumgebungen orientieren sich verschiedene Publikationen verstärkt am Ansatz des Universal Design for Learning/Assessment (Nr. 15; 33), indem etwa der Einsatz interaktiver iBooks (Nr. 35) erprobt wird, die Nutzbarkeit bzw. Zugänglichkeit digitaler Thermometer (Nr. 32) diskutiert, verschiedene digitale Tools für einen barrierefreien Zugang zum Periodensystem der Elemente (Nr. 5) verglichen oder auch ein Tool zum Training von Fachvokabular (Nr. 25) unter Einsatz verschiedener Repräsentationsebenen hinsichtlich Lernwirksamkeit untersucht werden.

Bezüglich multipler Aneignungsstrategien steht in zwei Untersuchungen besonders der Vergleich eines „digital note-taking“ zur herkömmlichen Form mittels Stift und Papier im Fokus (Nr. 10; 26).

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Einsatz assistiver Technologien für Schüler:innen mit Sinnesbeeinträchtigungen. Ein sprechendes Kalorimeter (Nr. 6) sowie ein akustisch gesteuertes Tool zur Diagrammerstellung (Nr. 20) werden bspw. für den Chemieunterricht mit nicht-sehenden Schüler:innen vorgestellt. In-stant Messaging als Medium der Interaktion im Klassenraum wird als Unterstützung für Schüler:innen mit Hörbeeinträchtigungen genutzt (Nr. 23).

Eine weitere Forschungsfrage richtet sich auf die bisher adressierten Potenziale und Barrieren im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (F3). Aus der Analyse der vorliegenden Publikationen gehen analog zu den zuvor heuristisch herausgearbeiteten Potenzialen ähnliche Vorteile für den Einsatz digitaler Medien im inklusiven Nawi-U hervor. Dies betrifft den bereits zuvor skizzierten Aspekt von Assistenz und Zugänglichkeit für Schüler:innen mit spezifischen Beeinträchtigungen, aber auch allgemeiner den Nutzen multimodaler Zugangsweisen (Nr. 14). Interaktivität durch unmittelbares Feedback wie auch Lernwirksamkeit durch adaptive Aufgabenformate für Schüler:innen mit Unterstützungsbedarf lassen sich als weitere Vorteile bestimmen. Außerdem wird auf die generell gesteigerte Motivation bzw. hohe Akzeptanz beim Lernen mit digitalen Medien verwiesen (Nr. 15).

Schließlich soll auch nach vorhandenen Wirkeffekten auf das fachliche bzw. überfachliche Lernen von Schüler:innen mit unterschiedlichen Voraussetzungen gefragt werden (F4). Die bisher wenigen vorliegenden Wirksamkeitsstudien, die identifiziert werden konnten, können leicht positive Befunde bzw. Effekte zum Einsatz digitaler Medien konstatieren (siehe auch Kapitel 4.1). In der Studie von Horney et al. (Nr. 10) konnte bspw. bei der Nutzung digitaler Sprachnotizen ein signifikanter Lernzuwachs erreicht werden, was allerdings nicht für die Schüler:innen mit sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf zutraf. Beim Einsatz eines interaktiven eBooks konnten ebenfalls Schüler:innen ohne sonderpädagogischen Förderbedarf stärker profitieren ($d=.27$) als Schüler:innen mit Förderbedarf, für die nur ein geringer Effekt ($d=.12$) gemessen werden konnte (Nr. 35). Eine signifikante Steigerung des Fachwissens bei Schüler:innen mit Förderbedarf konnte hingegen bei der Evaluation einer multimodalen Lernumgebung im Chemieunterricht erzielt werden, die aber im Follow-Up nicht stabil blieb (Nr. 1). Ähnlich zeigte sich ein statistisch bedeutsamer Zuwachs des Fachwissens durch tablet-gestütztes Experimentieren, jedoch wiederum mit einer Angleichung der Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe zum Ende der Intervention (Nr. 13). Küsel und Markic (2019, Nr. 15) berichten über positive Evaluationsbefunde einer videobasierten, sprachsensiblen Unterrichtseinheit aus dem durchgeführten Wissenstest. Jenseits fachlicher Lerneffekte konnten Rivera et al. (2017, Nr. 25) auch einen signifikanten Zuwachs digitaler Kompetenzen als Aspekt überfachlichen Lernens durch den Einsatz digitaler Tools nachweisen.

5 Digital = inklusiv? – Implikationen, Desiderata und Perspektiven

Wie eingangs auf theoretischer Basis herausgearbeitet, besitzen digitale Konzepte und Tools Potenziale im Kontext von Nawi-U. Das hier durchgeführte systematische Literaturreview konkretisiert die bisherigen Bemühungen im Feld vor dem Hintergrund unterschiedlicher Perspektiven und verweist gleichsam auf bisher unterrepräsentierte Forschungsbereiche.

Gerade in den letzten fünf Jahren hat die Forschung im Bereich der digitalen Konzepte und Tools für den naturwissenschaftlichen Unterricht stark zugenommen, vor allem in Bezug auf die empirische Erforschung digitaler Unterrichtssettings. In Hinblick auf die konkreten Forschungsziele lassen sich vor allem zwei Stränge identifizieren: 1) Arbeiten, die die Teilhabe von Schüler:innen am (über-)fachlichen Lernen fokussieren (z. B. durch assistive Technologien), 2) Arbeiten, die durch spezifische Methoden und Lernarrangements das (über-)fachliche Lernen aller Schüler:innen verbessern wollen. Dies ist vor dem Hintergrund eines dialektischen Inklusionsverständnisses, welches davon ausgeht, dass Inklusion grundsätzlich alle Menschen, aber insbesondere vulnerable Gruppen einschließt (Lindmeier & Lütje-Klose, 2015), als positiv zu beurteilen. Werden also die verschiedenen digitalen Möglichkeitsräume durchdacht und reflektiert im inklusiven Unterricht eingesetzt, bieten sie große Potenziale zum Abbau von Lernbarrieren und zur Anregung von Lernprozessen. Der bloße Einsatz dieser Technologien ist somit aber im Umkehrschluss nicht als Selbstzweck zu verstehen, sondern verlangt eine kompetente Lehrkraft, die sowohl die Auswahl als auch die Implementation im Sinne qualitätsvoller Lernprozesse kontextualisiert sowie die notwendigen digitalen Kompetenzen besitzt (Nerdel & Kotzebue, 2020).

Nichtsdestotrotz deuten die bisherigen wenigen Studien zum Vergleich digitaler vs. analoger Formate auf einen tendenziell positiven Effekt zugunsten digitaler Formate hin. In diesem Zusammenhang sind weiterführende Studien sinnvoll, die längerfristig angelegt sind und lernförderliche Aspekte digitaler Formate identifizieren und/oder Wirkeffekte durch Meta-Analysen bündeln.

Das Review zeigt noch weitere Forschungslücken auf. Die meisten Forschungsarbeiten sind fächerübergreifend zu verorten, es mangelt vor allem an Studien in Bezug auf die Fächer Biologie, Physik und Sachunterricht. Darüber hinaus gibt es fast keine Beiträge, die die Zieldimensionen *Lernen über Naturwissenschaften* und *Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten* in den Blick nehmen. Es besteht hier sowohl auf konzeptioneller als auch auf empirischer Ebene ein Forschungsdesiderat.

Entgegen den vielfältig benannten Potenzialen digitaler Medien finden sich in nur wenigen Publikationen dezidierte Hinweise auf mögliche Problemstellen oder Barrieren. Auf Seiten der Schüler:innen sind dies vorrangig die notwendi-

gen Voraussetzungen im Sinne digitaler Kompetenzen. Auf Seiten der Lehrkräfte erscheint die zu geringe und nicht adaptive Nutzung digitaler Technologien im inklusiven Nawi-U problematisch, was teils auch mit der fehlenden Verfügbarkeit entsprechender Medien erklärt wird (Kalonde, 2019; Schroeder, 2020). Schließlich ist auch die Frage der Lernwirksamkeit vieler Konzepte und Tools bisher unzureichend geklärt.

Inwiefern digitale Formate den inklusiven Nawi-U bereichern können, lässt sich somit nicht abschließend beantworten. Das vorliegende Review leistet einen ersten Beitrag zur Systematisierung des momentan sehr dynamischen Diskurses und zeigt erste Fortschritte und Potenziale für den inklusiven Nawi-U auf. Zukünftig sollten die hier aufgezeigten Forschungsdesiderata adressiert sowie die konkrete Umsetzung in der Praxis weiter forciert und evaluiert werden, um digitale Angebote für den inklusiven Nawi-U bestmöglich nutzen zu können.

Literaturverzeichnis

- Abels, S. (2015). Scaffolding Inquiry-based Science and Chemistry Education in Inclusive Classrooms. In N. L. Yates (Hrsg.), *New Developments in Science Education Research* (S. 77–95). New York: Nova Science.
- Abels, S. (2019). Inklusion und Exklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht. In B. Baumert & M. Willen (Hrsg.), *Zwischen Persönlichkeitsbildung und Leistungsentwicklung. Fachspezifische Zugänge zu inklusivem Unterricht im interdisziplinären Diskurs* (S. 129–135). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Abels, S. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen und Inklusion – Inklusion durch Kompetenzorientierung? In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019* (S. 20–30). Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Booth, T. & Ainscow, M. (2017). *Index für Inklusion. Ein Leitfaden für Schulentwicklung. Herausgegeben und adaptiert von Brune Achermann, Donja Amirpur, Maria-Luise Braunsteiner, Heindrun Demo, Elisabeth Plate und Andrea Platte*. Weinheim; Basel: Beltz.
- Bosse, I. (2018). Schulische Teilhabe durch Medien und assistive Technologien. In G. Quenzel & K. Hurrelmann (Hrsg.), *Handbuch Bildungsarmut* (S. 827–852). Wiesbaden: Springer.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Edler, C. (2015). E-Inklusion und Cognitive Accessibility. Menschen mit kognitiven Behinderungen nutzen Tablets im Alltag. *Medien + Erziehung*, 59(4), 74–81.
- Fränkel, S. (2021). Wie kann inklusive Begabungsförderung im Biologieunterricht gelingen? Möglichkeiten und Herausforderungen aus Perspektive von Biologielehrkräften. In C. Kiso & S. Fränkel (Hrsg.), *Inklusive Begabungsförderung in den Fachdidaktiken – Diskurse, Forschungslinien und Praxisbeispiele* (S. 172–187). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gough, D., Oliver, S. & Thomas, J. (Hrsg.). (2017). *An Introduction to Systematic Reviews* (2. Aufl.). Los Angeles et al.: Sage.
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann.
- Kalonde, G. (2019). Inclusive Education in Science Education: Are Science Teachers Using Inclusive Technologies in Science Classrooms? In P. H. Bull & J. Keengwe (Hrsg.), *Handbook of Research on Innovative Digital Practices to Engage Learners* (S. 261–273). Hershey: IGI Global.

- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeigemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- 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, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 10–25). Weinheim; Basel: Beltz Juventa.
- Lindmeier, C. & Lütje-Klose, B. (2015). Inklusion als Querschnittsaufgabe in der Erziehungswissenschaft. *Erziehungswissenschaft*, 2015(51), 7–16.
- Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A. & Rott, L. (2017). Netzwerk Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. Abgerufen am 04.07.2022 von: https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2017/TB2017_800_Menthe.pdf
- Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht. Chancen und Herausforderungen. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 131–140). Stuttgart: Kohlhammer.
- Musenberg, O. & Riegert, J. (2015). Inklusiver Fachunterricht als didaktische Herausforderung. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 13–28). Stuttgart: Kohlhammer.
- Nehring, A., Abels, S., Rott, L. & Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. (2019). Kriterien und Effekte von digitalen Medien in inklusiven Lerngruppen. Ein Symposium des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht („NinU“). In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Nehring, A. & Walkowiak, M. (2020). Digitale Materialien nach dem Universal Design for Learning: Eine Do-it yourself-Anleitung für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit iPads. *Schule inklusiv*, 2020(8), 28–32.
- Nerdel, C. & Kotzebue, L. von (2020). Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Aufgaben für die Lehrerbildung: Paralleltitel: Digital technologies in science education. Requirements for teacher training. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66(2), 159–173.
- Ropohl, M. (2021). Zum Einsatz von Medien für das Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online Jahrestagung 2020* (S. 22–34). Duisburg; Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Rott, L. (2018). *Schülervorstellungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren: Die Unterrichtskonzeption choice2explore*. Berlin: Logos.
- Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design of Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 2016(3), 270–285.
- Schroeder, R. (2020). Inklusiver Sachunterricht zwischen Kind- und Materialorientierung – Medienutzung und Motive der Medienauswahl im Fokus einer explorativen Lehrkräftebefragung. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2020(1), 1–17.
- Schroeder, R., Ernst, J., Hummel, R., Miller, S., Stets, M. & Velten, K. (2021). „Wieso wird der Mond immer weniger?“ – Fachliches Lernen im inklusionsorientierten Sachunterricht entlang von Schüler_innen fragen. In S. Hundertmark, X. Sun, R. Schildknecht, V. Seremet, S. Abels, C. Lindmeier, & A. Nehring (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. 4. Beiheft der sonderpädagogischen Förderung heute* (S. 234–248). Weinheim; Basel: Beltz.
- 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, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 161–175). Weinheim; Basel: Beltz Juventa.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 2020(3), 30–45.

- Upmeyer zu Belzen, A., & Beniermann, A. (2020). Naturwissenschaftliche Grundbildung im Fächerkanon der Schule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 2020(5), 642-665.
- Walkowiak, M. & Nehring, A. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift für Inklusion online*, 2017/3, o. S.
- Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C. & Reuter, C. (2021). Experimente gestalten für inklusiven Chemieunterricht. Erkenntnisse aus dem interdisziplinären Lehr- und Forschungs-Projekt ‚Chemie all-inclusive‘ (Chai). In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 101–117). Weinheim; Basel: Beltz Juventa.