

Das Kompetenzmodell ITPACK-NW für die diklusiver Lehrkräftebildung in den Naturwissenschaftsdidaktiken

René Schroeder & Silvia Fränkel

Zusammenfassung

Ein diklusiver (digitaler und inklusiver) naturwissenschaftlicher Unterricht bietet spezifische Potenziale, aber auch Barrieren bezüglich der Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen. Im Rahmen der Lehrkräftebildung müssen diese Bedarfe zunächst einmal identifiziert und anschließend adressiert werden. Vor diesem Hintergrund analysiert der Beitrag den aktuellen theoretischen und empirischen Forschungsstand und arbeitet Leerstellen sowie Qualifizierungsbedarfe von (angehenden) Lehrkräften heraus. Dabei wird das TPACK-Modell (Technological Pedagogical Content Knowledge) vor dem Hintergrund der Bedarfe eines diklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts sowie der damit verbundenen Anforderungen an Lehrkräfte ausdifferenziert. Der Beitrag mündet in einer Darstellung und Erörterung des erweiterten Modells (ITPACK-NW). Das Kompetenzmodell wurde für den Kontext inklusiver Lerngruppen entwickelt und besteht aus den Elementen des inklusionspädagogischen, fachdidaktischen und technologiebezogenen Wissens sowie deren Überschneidungsbereiche. Abschließend werden Potenziale für den Einsatz innerhalb der Lehrkräftebildung und Forschung aufgezeigt.

Schlagworte

Inklusion, Digitalisierung, Lehrkräftebildung, naturwissenschaftlicher Unterricht, TPACK

Title

ITPACK-NW as a framework for diclusive science teacher education

Abstract

Digital and inclusive science education, referred to as "diclusive", has the potential to offer specific benefits. However, there are also barriers to designing effective teaching and learning processes. Therefore, it is essential to identify these needs in teacher education and address them accordingly. This article analyzes the current state of theoretical and empirical research to identify gaps and the qualification needs of (prospective) teachers in the context of inclusive science education. The TPACK model (Technological Pedagogical Content Knowledge) is discussed in light of the needs of inclusive science education and the associated requirements for teachers. The article concludes with a presentation and discussion of the extended model, ITPACK-NW. This competency model is developed specifically for the context of inclusive learning groups and includes elements of inclusive education, subject didactics, and technology-related knowledge, as well as their overlapping areas. Finally, the article highlights the potential use of ITPACK-NW in teacher education and research.

Keywords

Inclusion, digitalization, teacher education, science education, TPACK

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Naturwissenschaftliche Bildung für alle – digital und inklusiv?
 - 2.1. Potentiale und Barrieren im Kontext inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterrichts
 - 2.2. Digitale Medien im (inklusive) naturwissenschaftlichen Unterricht
3. Inklusion und Digitalisierung als Professionalisierungsherausforderungen für naturwissenschaftlichen Fachunterricht
 - 3.1. Inklusion und Digitalisierung als Professionalisierungsaufgaben
 - 3.2. Kompetenzanforderungen an Lehrkräfte im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht
4. Forschungsstand zu digitalen Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht
 - 4.1. Konzepte und Tools für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht
 - 4.2. Einsatz digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht durch Lehrkräfte – Aufgaben und Herausforderungen
5. Qualifizierungsbedarfe und -perspektiven für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht unter Nutzung digitaler Medien
 - 5.1. Ableitung notwendiger Qualifizierungsbedarfe im Kontext von Inklusion, Digitalisierung und naturwissenschaftlichem Unterricht
 - 5.2. Diskussion eines Rahmenmodells für die Lehrkräftebildung
6. Perspektiven für Lehrkräftebildung und Forschung

Literatur

Kontakt

Zitation

1. Einleitung

Nachdem durch die KMK (2017, 2021) die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ mit einem Gesamtkonzept für Schulen vorgelegt und die Ausstattung aller Schulen im Rahmen des „DigitalPakt Schule“ mit digitalen Endgeräten bewilligt wurde (Bund & Länder, 2020), gilt es nun, (angehende) Lehrkräfte flächendeckend für den kompetenten Umgang mit digitalen Medien im inklusiven Unterricht zu qualifizieren (KMK, 2019, 2021; Lütje-Klose, 2023). Gerade im Fachunterricht herrscht diesbezüglich in Deutschland aber Handlungsbedarf, wie eine aktuelle, bundesweite Studie des „Monitor Lehrerbildung“ (2022) zeigt: Demnach sind an 60 % der Hochschulen digitalisierungsbezogene Inhalte im Sinne der KMK-Strategie in den Fachdidaktiken weder verpflichtend noch fakultativ verankert. Entsprechende Inhalte sind vorwiegend in den Bildungswissenschaften implementiert, obwohl eine fachspezifische Anwendung und Ausdifferenzierung notwendig erscheint, wie im vorliegenden Beitrag argumentiert wird. [1]

Schulische Zieldimensionen einer inklusiven Medienbildung als Grundlage einer inklusiven Lehrkräftebildung sind die Teilhabe IN, AN und DURCH Medien (Bosse, Schluchter & Zorn, 2019; Kamin, 2021). Medien spielen eine wichtige Rolle bei der Teilhabe IN der Gesellschaft. Die Darstellung sozialer Gruppen in den Medien beeinflusst, wie Vielfalt in der Gesellschaft wahrgenommen wird. Medienpädagogik setzt sich mit Stereotypen, Klischees und stigmatisierenden Darstellungen auseinander und fördert ein selbstbestimmtes und vielfältiges Bild durch vielfältige Repräsentationen in Medienproduktionen. Barrierefreiheit ist unverzichtbar, damit alle Menschen an Medien teilhaben können. Dazu gehört die technische Bedienbarkeit, die Wahrnehmbarkeit mit verschiedenen Sinnen sowie die Verständlichkeit von Sprache und Benutzerführung. Teilhabe AN Medien ermöglicht somit Menschen mit unterschiedlichen körperlichen, geistigen oder sprachlichen Voraussetzungen den Zugang zu Informationen und

Kommunikation. Digitale Medien eröffnen neue Teilhabemöglichkeiten und ermöglichen Teilhabe DURCH Medien in den Bereichen Arbeit, Lernen, Kommunikation und öffentliche Diskussionen. Assistive Technologien können auch Menschen, die bisher keinen oder nur erschwerten Zugang hatten, Teilhabe ermöglichen. In Kombination mit barrierefreien Medien können digitale Technologien somit zur inklusiven Teilhabe beitragen und ein wichtiger Ansatzpunkt für die Förderung von gesellschaftlicher Teilhabe und Gleichstellung sein. Die KMK (2019) stellt folgerichtig die digitale und die inklusive Bildung als aktuelle und bedeutsame Zielperspektiven im Rahmen der Lehramtsausbildung heraus. Auch für die naturwissenschaftlichen Fächer sind damit neue Anforderungen und Kompetenzerwartungen an Lehrkräfte gestellt (KMK, 2019). Folgerichtig wurden die Forschungsaktivitäten im STEM-Bereich (Science Technology Engineering Mathematics) intensiviert (Braun & Huwer, 2022). Dennoch ist auch im Kontext des inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts die Nutzung digitaler Technologien in der Praxis nur sporadisch anzutreffen. Lehrkräfte fühlen sich nicht ausreichend auf die Digitalisierung vorbereitet (Kalonde, 2019; Stinken-Rösner, 2021) und insbesondere Studierende äußern wenige Möglichkeiten zum Erwerb digitaler Kompetenzen für den mediengestützten Unterricht im Rahmen ihres Studiums (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019). [2]

Das Zusammenbringen beider Bereiche (inklusive und digitale Bildung), auch mit dem Kofferwort Diklusion bezeichnet (u. a. Schulz, 2021), eröffnet vielversprechende Synergieeffekte für den inklusiven Unterricht, stellt aber zugleich neue Herausforderungen an Lehrpersonen, die im Rahmen der Lehrkräftebildung adressiert werden müssen, um so die geforderte digitale Transformation vorantreiben zu können. Der Beitrag analysiert hierzu den aktuellen theoretischen und empirischen Forschungsstand hinsichtlich Leerstellen sowie Qualifizierungsbedarfen von (angehenden) Lehrkräften. Dabei wird das TPACK-Modell (Technological Pedagogical Content Knowledge) vor dem Hintergrund der Bedarfe eines diklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts sowie der damit verbundenen Anforderungen an Lehrkräfte ausdifferenziert. Dies mündet in einer Darstellung und Erörterung des erweiterten Modells (ITPACK-NW) als Rahmenkonzeption für die Lehrkräftebildung. [3]

2. Naturwissenschaftliche Bildung für alle – digital und inklusiv?

Naturwissenschaftliche Grundbildung bzw. *Scientific Literacy* (Bybee, 1997; Bybee & Fuchs, 2006; Upmeyer zu Belzen & Beniermann, 2020) bildet eine wichtige Zieldimension naturwissenschaftlichen Unterrichts. Dabei erwerben Schüler:innen naturwissenschaftliche Kompetenzen, die sie dazu befähigen, an der Gesellschaft des 21. Jahrhunderts zu partizipieren (OECD, 2019). Diese Kompetenzen sollen es den Lernenden ermöglichen, „naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen zu kommunizieren und zu reflektieren, um darüber entscheidungsfähig zu werden“ (Walkowiak & Nehring, 2017, o. S.). [4]

Durch eine inklusive Unterrichtsgestaltung kann der Erwerb dieser Kompetenzen durch z. B. Abbau von Teilhabebarrrieren und Nutzen der Potenziale der Lerngruppe unterstützt werden, wobei fachspezifische Aspekte berücksichtigt werden müssen (Basten, Ferreira González, Kaiser & Fränkel, 2021; Fränkel & Kiso, 2021; Musenberg & Riegert, 2015). Dieser Beitrag verortet sich in einem dialektischen Inklusionsverständnis, welches auf der Annahme basiert, dass inklusiver Unterricht grundsätzlich alle Lernenden im Blick hat, wobei ein besonderer Fokus auf marginalisierten bzw. vulnerablen Gruppen liegt (Lindmeier & Lütje-Klose, 2015). Diesem Verständnis folgend geht es darum, Bildungs- und Teilhabechancen zu verbessern. Auch digitale Medien bieten Teilhabepotenziale. Mögliche Potenziale und Barrieren eines inklusiven, digitalen naturwissenschaftlichen Unterrichts werden im Folgenden eruiert. [5]

2.1. Potentiale und Barrieren im Kontext inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterrichts

Im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung sind vor allem vier Zielebenen bedeutsam, nach denen unterrichtliche Inhalte strukturiert werden können (Stinken-Rösner et al., 2020): (A) Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten, (B) Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte, (C) Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und (D) Lernen über

die Naturwissenschaften. Die damit verbundenen Fachinhalte sowie Kompetenzerwartungen sind z. T. komplex und mit fach- sowie lernbereichsspezifischen Potenzialen und Barrieren verbunden (Abels, 2020; Fränkel, 2021; Großmann, Kleinert & Basten, 2022; Menthe & Hoffmann, 2015; Stinken-Rösner et al., 2020; Stinken-Rösner & Abels, 2021; Walkowiak & Nehring, 2017, s. Tab. 1). Während ein konkreter Phänomenbezug beispielsweise Teilhabepotenziale für das gemeinsame Lernen bieten kann, ergeben sich aus einer gesteigerten Komplexität (z. B. durch modellhafte Vorstellungen) Barrieren, die im Rahmen der Unterrichtsgestaltung adressiert werden sollten (Buxton et al., 2019; Stinken-Rösner et al., 2020). Verschiedene Zugangsweisen (handlungsorientiert, entdeckend, anschaulich) und evidenzbasierte Praktiken (z. B. Scaffolding, Konzentration auf Big Ideas, multimodale Repräsentationen, Mnemonic Strategien, graphic organizers, Universal Design for Learning) sowie Ressourcen innerhalb der Lerngruppe (z. B. Mehrsprachigkeit) bieten Potenziale, abstrakte, komplexe Konzepte besser zu durchdringen bzw. curriculare Inhalte für alle Lernenden zugänglich zu vermitteln (Buxton et al., 2019; CAST, 2018; Fränkel, 2021; Scruggs, Mastropieri, Berkeley & Marshak, 2010; Therrien, Taylor, Hosp, Kaldenberg & Gorsh, 2011; Villanueva & Hand, 2011). Naturwissenschaftliche Lerngegenstände können in besonderer Weise Interesse und Motivation wecken, aber durch einen hohen Komplexitätsgrad oder einem fehlenden Lebensweltbezug gleichermaßen zu Überforderung und Desinteresse führen (Potvin & Hasni, 2014). [6]

Potentiale	Barrieren
Konkreter Phänomenbezug bzw. Arbeit auf der Phänomenebene	Modellebene und Grad der Komplexität modellhafter Erklärungen
Handlungsorientierung und Anschaulichkeit	Abstraktion, Mathematisierung, Formel- und Symbolsprache
Interesse und Motivation	Abnehmendes Interesse aufgrund von Komplexität und fehlendem Lebensweltbezug
Entdeckende Zugangsweisen und Möglichkeit der Exploration	Fehlende Barrierefreiheit / physische Barrieren bei Materialnutzung Gefährdungspotentiale beim Experimentieren Organisations- und Vorbereitungsaufwand
Multi- bzw. Vielperspektivität	Anspruch fachlicher Konzepte Überkomplexität Kommunikativ-diskursive Barrieren
Lebensweltbezug Orientierung an Schüler:innenvorstellungen	Fachsprache Hierarchische bzw. unflexible aufgebaute Curricula / kanonischer Unterrichtsgang Fachliche Verfälschung bei der Elementarisierung Hierarchisierende Differenzkonstruktionen

Tabelle 1: Potenziale und Barrieren im Kontext inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterrichts (eigene Darstellung)

Diese Beispiele zeigen, dass Potenziale und Barrieren einem Lerngegenstand innewohnen können. Im Rahmen der Unterrichtsplanung sollten selbige analysiert und adressiert werden (Abels, 2020). Im Sinne einer inklusiven Unterrichtsplanung wird dabei der Fokus auf den Abbau der Barrieren in der Lernumgebung gerichtet und an Potenziale angeknüpft, ohne den Blick auf

einzelne Lernende zu verengen (Ferreira González et al., 2021; Florian & Black-Hawkins, 2011). Dabei ergeben sich spezifische Spannungsfelder, die im Unterricht bearbeitet, jedoch nie ganz aufgelöst werden können (Faix, 2020). Abels (2020) beschreibt dies als „Bruchlinien inklusiver Gestaltung“ (S. 24). Mögliche, zu antizipierende Potenziale und Barrieren sind also exemplarisch und nicht allgemeingültig zu verstehen. So können einzelne Aspekte (wie etwa ein hohes Abstraktionsniveau) zwar von vielen Schüler:innen als Barriere wahrgenommen werden, die Grenzen verschwimmen jedoch. Gerade hohe fachliche Anforderungen können beispielsweise für besonders begabte Schüler:innen auch als motivierend und lernförderlich wahrgenommen werden (Fränkel, 2021). Potenziale und Barrieren sind somit kontext- und situationsspezifische Variablen. Digitale Medien können in diesem Zusammenhang als vermittelnde Instanz zum Einsatz kommen, so dass potenzielle Spannungsfelder ausbalanciert werden können (Stinken-Rösner & Abels, 2021). [7]

2.2. Digitale Medien im (inklusive) naturwissenschaftlichen Unterricht

Digitale Medien besitzen das Potenzial, die individuellen Bedürfnisse der Lernenden zu berücksichtigen sowie deren Ressourcen zu nutzen und dadurch Lernen zu erleichtern bzw. zu ermöglichen. Bildungsinhalte können mit digitalen Medien barrierearm gestaltet und an die Lern- und Bedienvoraussetzungen der Lernenden adaptiert werden. Zahlreiche Studien belegen positive Effekte auf die Lernleistung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, wenn digitale Tools adaptiv gestaltet sind (Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017). Vorteile sind hier u. a. Multimedialität (Integration verschiedener Sinnesbereiche), Multicodierung (Darstellung in verschiedenen Codesystemen) und Interaktivität (Küpper & Weck, 2021). Adaptivität kann als Kernmerkmal guten (inklusive) Unterrichts (Kullmann, Lütje-Klose & Textor, 2014; Stebler & Reusser, 2017) bzw. leitende Strategie im Umgang mit Heterogenität (Dumont, 2019; Hasselhorn, Decristan & Klieme, 2019) verstanden werden. Die adaptive Begleitung individualisierter Lernprozesse (Decristan et al., 2015) lässt sich als eine Voraussetzung für lernwirksamen (MINT-)Unterricht unter Bedingungen heterogener bzw. inklusiver Lerngruppen beschreiben und stellt gleichzeitig eine besondere Herausforderung im Unterricht dar (Schroeder et al., 2021). [8]

Neben der Individualisierung von Lernprozessen bietet der Einsatz von digitalen Tools die Chance einer rezipierenden Aktivierung und Beteiligung der Lernenden (Mayrberger, 2018) und eine Möglichkeit, die „Abhängigkeit von professioneller Unterstützung durch ‚Speziallösungen‘ zu reduzieren“ (Edler, 2015, S. 74). Dadurch können Schüler:innen den „Kern der Sache“ (Seitz, 2006, o. S.) im Sinne einer gemeinsamen, ko-konstruktiven Verhandlung eines gemeinsamen Lerngegenstandes erschließen. Der Einsatz digitaler Medien ist dabei nicht per se lernförderlich, sondern sollten diese auch entsprechend sinnvoll eingebunden werden, dass Lernende sich den Lerngegenstand aktiv erschließen können (Nerdel & Kotzebue, 2020). Der nationale Forschungsstand lässt jedoch erkennen, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht tendenziell passive Lernformen bei der Nutzung digitaler Angebote vorherrschen (zusammenfassend Nerdel & Kotzebue, 2020). Schroeder (2020) kommt zu dem Ergebnis, dass (verfügbare) Medien und Materialien eine entscheidende Bedeutung für die Unterrichtsplanung haben, insbesondere, wenn diese von allen Lernenden möglichst ohne spezielles Design oder Anpassungen genutzt werden können (UN-BRK, 2008). In dem Zusammenhang hat sich, insbesondere in den USA, das Universal Design for Learning (UDL) etabliert (CAST, 2018). Beim UDL werden Medien und Materialien basierend auf drei zentralen Prinzipien mit jeweils drei Richtlinien direkt flexibel und individuell bzw. individualisierbar gestaltet, sodass Lernende eigenständig das für sich Passende bzw. Präferierte auswählen können (Fisseler, 2020). Die Verfügbarkeit geeigneter Materialien und Medien für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht wird dabei als Problem konstatiert (Abels & Stinken-Rösner, 2022). Umgekehrt kann der systematische Einsatz und Gebrauch von adaptierten Lehr- und Lernmaterialien im Sinne des Universal Designs for Learning (UDL; CAST, 2018) eine maßgebliche Gelingensbedingung für Bildung im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht darstellen (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Erste Ansätze und Konzepte wurden hierzu im deutschsprachigen Raum in jüngster Zeit verstärkt diskutiert (z. B. Greitemann et al., 2021; Nehring & Walkowiak, 2020). Jedoch fehlt es

bisher an einem systematischen Überblick über den aktuellen internationalen Forschungsstand zu Fragen eines Einsatzes digitaler Medien in einem inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht und den sich hieraus ergebenden Anforderungen sowie Qualifizierungsbedarfen für Lehrkräfte. [9]

3. Inklusion und Digitalisierung als Professionalisierungsherausforderungen für naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Mit ihren Empfehlungen zum „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ rückt die Kultusministerkonferenz (KMK, 2021) einerseits den Aufbau fachspezifischer digitaler Kompetenzen auch in den Fokus der Unterrichtsentwicklung in den naturwissenschaftlichen Fächern, andererseits soll eine „wechselseitig stärkende Umsetzung von Digitalisierung und Inklusion“ (S. 21) gefördert werden. Postulierte Chancen der Digitalisierung für differenziertes und individualisiertes Lernen sowie damit verbunden unterstützendes Feedback und personalisierte Lernstandsrückmeldungen sind demnach für ihre Umsetzung im (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht zu hinterfragen. Die dazu notwendige digitale Lehrkräfteexpertise wird gemäß dem DPCK-Modell (Digital Pedagogical Content Knowledge) der KMK (2021) über die Schnittmenge von Digitalisierungskompetenz, pädagogischer sowie inhaltlicher Kompetenz bestimmt (vgl. auch Abb. 1). Mit der entstehenden Schnittstelle digitaler Inhaltskompetenz geht die Notwendigkeit einher, Digitalisierung in ihren Auswirkungen auf fachspezifische Lehr-Lernprozesse zu reflektieren und berührt damit auch veränderte Schwerpunktsetzungen im Kontext naturwissenschaftlicher Bildungsinhalte und -ziele. Die Schnittstelle digitaler pädagogischer Kompetenzen hingegen fokussiert Wissen über die Medienteilhabe und diesbezügliche digitale Kompetenzen von Schüler:innen, worin unter Prämissen heterogener Lerngruppen inklusionsbezogene Fragestellungen bedeutsam werden. Jedoch fehlt für beide Schnittstellen eine Ausdifferenzierung konkreter, damit verbundener Professionalisierungsaufgaben, sodass es diese nachfolgend zunächst separat herauszuarbeiten gilt. [10]

3.1. Inklusion und Digitalisierung als Professionalisierungsaufgaben

In der Debatte um eine inklusive Umgestaltung des Bildungssystems und der damit verknüpften Herausforderungen inklusiver Schulentwicklung (Werning, 2017) rückt die Frage veränderter Professionalisierungsauforderungen in der Lehrkräftebildung in den Fokus (HRK & KMK, 2015; Hillenbrand, Melzer & Hagen, 2013; Heinrich, Urban & Werning, 2013). In der Frage nach spezifischen Kompetenzen im Rahmen inklusiver Lehrkräftebildung wird zumeist betont, dass es keines grundlegend eigenständigen Kompetenzprofils bedürfe, sondern es vielmehr um eine Neuakzentuierung und Ausschärfung bestehender Modelle im Rahmen veränderter Aufgabenfelder gehen müsse (Albers, Filipiak, Franzen & Hellmich, 2022; Bertram, Albersmann & Rolka, 2020). Wie sich diese veränderten Kompetenzanforderungen für eine inklusive Lehrkräftebildung darstellen, kann über eine Analyse spezifischer Aufgabenbereiche in inklusiven schulischen Settings bestimmt werden (König, Gerhard, Kaspar & Melzer, 2019; Melzer, Hillenbrand, Sprenger & Hennemann, 2015; Moser, 2013; Weiß, Muckenthaler, Heimlich, Kuchler & Kiel, 2019). Entsprechend liegen aktuell eine Vielzahl unterschiedlicher Kompetenz- bzw. Professionalisierungsmodelle für eine inklusive Lehrkräftebildung vor (z. B. Albers et al., 2022; Fischer, Kopmann, Rott, Veber & Zeinz, 2014; Frohn, Schmitz & Pant, 2020; Gebhardt, Kuhl, Wittich & Wember, 2018), denen im Wesentlichen eine kompetenztheoretische Orientierung (Baumert & Kunter, 2011) zugrundeliegt. Ohne vertiefende empirische Prüfung weisen diese jedoch bisher vorrangig heuristischen Charakter auf. Exemplarisch differenziert etwa das Dortmunder Modell zur inklusiven Lehrkräftebildung (DoProfil; Gebhardt et al., 2018) verschiedene Facetten des Professionswissens inklusionsbezogen weiter aus. Facetten fachlichen, fachdidaktischen, pädagogisch-psychologischen Wissens sowie diagnostische Kompetenzen werden erweitert um Komponenten grundlegender Kenntnisse zu inklusiven Bildungsprozessen, kommunikativen Kompetenzen, sonderpädagogischen Wissenselemente und kooperativen Kompetenzen. Sowohl im Kontext fachdidaktischen wie auch sonderpädagogischen Wissens taucht der Einsatz von Medien und assistiven Technologien als Anforderungsaspekt auf. Der förderliche Einsatz digitaler Medien sowie die Nutzung bzw. Anleitung zur Nutzung assistiver Technologien

wird für inklusive Settings zwar als Aufgabenfeld identifiziert (Melzer et al., 2015), jedoch nicht als eigenständiger Wissens- bzw. Kompetenzbereich bestimmt. Dies ist dahingehend als Leerstelle zu betrachten, da digitale Medien und assistive Technologien zwar grundsätzliches Inklusionspotential besitzen, jedoch sich diese erst über einen professionell-reflektierten Umgang auch als tatsächlich inklusionsfördernd erweisen (König, 2020). Für die Lehrkräftebildung wird daher eine kritisch-reflexive Vernetzungsperspektive zwischen Inklusion und Medienpädagogik gefordert (Schluchter & Bosse, 2019). [11]

Mit dem vielfach rezipierten Konzept der Technological Pedagogical Content Knowledge (Mishra & Koehler, 2006) liegt ein Leitmodell für die Beschreibung medienpädagogischer Kompetenzen (Schmid & Petko, 2020) vor, das diesbezüglich jedoch nicht inklusionsspezifisch angelegt ist. Ausgehend von den drei Wissensdomänen der „Technological Knowledge“ (TK), „Content Knowledge“ (CK) und „Pedagogical Knowledge“ (PK) ergeben sich anwendungsbezogene, neue Wissensbereiche in den Schnittmengen dieser Domänen (Mishra & Koehler, 2006), wozu „Technological Pedagogical Knowledge“ (TPK) und „Technological Content Knowledge“ (TCK) gehören. Das aus der Summe resultierende „Technological Pedagogical Content Knowledge“ (TPACK) umschließt demnach pädagogische, fachliche und fachdidaktische Wissensinhalte sowohl für die Vermittlung medienbezogener Fähigkeiten wie auch zur instrumentellen Nutzung von Medien für fachliche wie überfachliche Lernprozesse (Schmid & Petko, 2020). Eine Erweiterung im Rahmen einer inklusiven Lehrkräftebildung könnte bedeuten, dass bereits alle drei Dimensionen mit inklusionsrelevanten Wissens Elementen angereichert sein müssen, bevor durch den konkreten Anwendungsbezug im unterrichtlichen Handlungsfeld diese zu einem komplexen Kompetenzprofil inklusiver medienpädagogischer Kompetenz verdichtet werden. Es geht diesbezüglich um pädagogische wie fachdidaktische Kompetenzen für die Arbeit in inklusiven Lerngruppen, wie diese etwa auch in bisherigen Kompetenzprofilen bzw. -modellen (z. B. Albers et al., 2022; Gebhardt et al., 2018; König et al., 2019) beschrieben werden. Aber auch die Frage, wie medienbezogenes bzw. technologisches Wissen inklusionsspezifisch ausdifferenziert werden kann, ist zu klären. Mit Schluchter und Bosse (2019) schließt dieser Wissensaspekt zum einen Wissen zu spezifischen Unterstützungsmöglichkeiten durch Medien und Technologien mit ein, zum anderen Wissen zur Mediennutzung vulnerabler Gruppen. Es geht um ein Bewusstsein für digitale Ungleichheiten (Kutscher, 2019) sowohl in der prinzipiellen Verfügbarkeit und Zugänglichkeit digitaler Medien wie auch in habituell bedingt divergentem Mediennutzungsverhalten. Dies erscheint anschlussfähig an zentrale reflexive Kompetenzen im Kontext inklusiver Bildung (Fränkel, Ferencik-Lehmkuhl & Schroeder, 2022; Lütje-Klose, Miller & Ziegler, 2014). So zielen diese sowohl auf benachteiligende und lernhinderliche Praktiken und Strukturen auf Ebene der Interaktion (Mikroebene) wie auch schulische (Mesoebene) und gesellschaftliche (Makroebene) Ambivalenzen und Barrieren (Häcker & Walm, 2015), die es mit Blick auf Teilhabe in, an und durch Medien (Bosse, 2018) zu übertragen gilt. Mit der Erweiterung des TPACK-Modells (Abb. 1) um die Dimension des Kontextes (Rosenberg & Koehler, 2015) wird dieser strukturelle Rahmen, in dem sich medienpädagogisches Handeln von Lehrkräften zwischen Teilhabe und Ausschluss an unterrichtlichen Bildungsprozessen vollzieht, akzentuiert. Ist damit bereits prinzipiell konturiert, welche Akzentsetzungen sich in der Verbindungslinie von Inklusion und Digitalisierung auf Ebene technologischen und pädagogischen Wissens abzeichnen, verbleibt die Schnittmenge zum fachlichen bzw. fachdidaktischen Wissensbereich unbestimmt. Im nächsten Schritt gilt es daher diese Verbindungslinie mit Blick auf bestehende Professionalisierungsanforderungen im Zusammenhang mit inklusivem (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht herauszuarbeiten. [12]

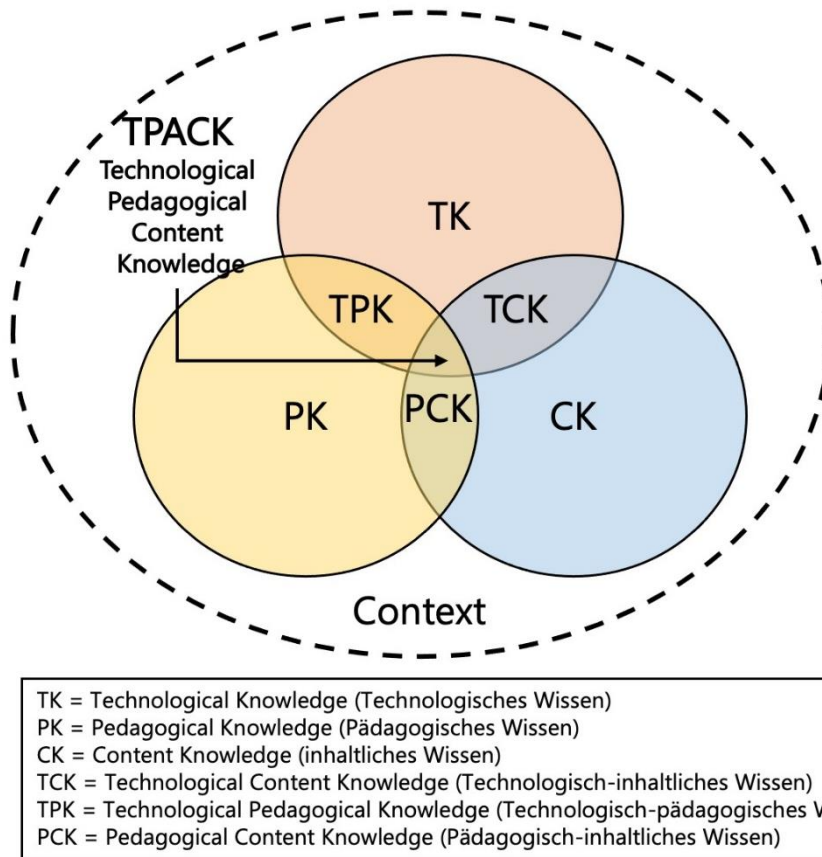


Abbildung 1: Erweitertes TPACK-Modell nach Rosenberg & Koehler (2015) (eigene Darstellung)

3.2. Kompetenzanforderungen an Lehrkräfte im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht

Bereits seit einigen Jahren haben sich die Fachdidaktiken auf den Weg gemacht, inklusionsaffine Inhalte, wie individuelle Förderung, Binnendifferenzierung sowie lernbegleitende Diagnostik zum Gegenstand der fachdidaktischen Ausbildung zu machen (KMK, 2019; Wolfswinkler, Fritz-Stratmann & Scherer, 2014). Ebenso besteht wenig Zweifel daran, dass eine inklusive Lehrkraftbildung einer fachdidaktischen Profilierung bedarf, um notwendige Kompetenzen für einen inklusiven Fachunterricht zu vermitteln (HRK & KMK, 2015). Im Sinne einer Annäherungsbewegung zwischen Fachdidaktik und Inklusionspädagogik werden daher verstärkt Bezüge zwischen diesen beiden Bereichen hergestellt (z. B. Amrhein & Reich, 2014; Fränkel & Kiso, 2021; Musenberg & Riegert, 2015), auch wenn bisherige Modelle für eine inklusive Lehrkraftbildung jenseits wenig konkreter Kompetenzprofile kaum vertiefende Hinweise geben, welche Kompetenzen spezifisch für die Gestaltung eines inklusiven Fachunterrichts benötigt werden. Für den Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer kommt erschwerend hinzu, dass bisher kein konsensuell geltendes Strukturmodell zur Beschreibung professionellen Handelns von Lehrkräften und damit verbundener fachdidaktischer Wissensinhalte vorliegt (Harms & Riese, 2018), das damit eindeutige Anschlüsse für die Weiterentwicklung unter Perspektive schulischer Inklusion böte. Wolfswinkler et al. (2014) folgern aber, dass ein solches Modell „förderbedarfsorientierte Kompetenzen in Diagnose und Förderung mit einem heterogenitätsorientierten, didaktischen Ansatz der Unterrichtsentwicklung“ (S. 378) integrieren müsste. Ein erstes Beispiel wie dies unter Fokus auf multiprofessionelle Kooperation zwischen Studierenden im Bereich naturwissenschaftlicher Fachdidaktiken sowie Sonderpädagogik geschehen kann, liegt mit dem GeLernt-Modell (Sun et al., 2022) vor. In diesem Modell wird davon ausgegangen, dass sich zunächst separat spezifisches Professionswissen sowie diagnostische und fachdidaktisch-lernbegleitende Kompetenzen für beide Lehramtstypen differenziert bestimmen lassen. Für die fachdidaktische Perspektive liegt diesem zunächst ein

Infusion-Ansatz (Pugach, Blanton, Mickelson & Boveda, 2020), als der Anreicherung allgemein fachdidaktischer Inhalte mit einzelnen Elementen der Sonderpädagogik bzw. inklusiven Pädagogik, zugrunde. Erst über situative Kooperationsgelegenheiten in einem gemeinsamen pädagogischen, fachlichen und fachdidaktischen Bezugsrahmen sowie mit unterrichtlichen Handlungsperspektiven (auch Schildknecht et al., 2022) findet eine Transformation der professionelle Wissensbestände statt und es nähert sich einem kollaborativen Professionalisierungsmodell (Lütje-Klose et al., 2014) an. Es stellt sich dabei die Frage, ob diese Übersetzungsleistung situativ gelingen kann (Egger, Brauns, Sellin, Barth & Abels, 2019), wenn zuvor nicht bereits Professionalisierungsprozesse die Verknüpfung von Inklusion und Digitalisierung im Rahmen inklusiver Fachdidaktik forcieren (Weidenhiller, Miesera & Nerdel, 2020). Brauns und Abels (2020) arbeiten auf Basis eines internationalen systematischen Literaturreviews diese Verbindungslinie zwischen naturwissenschaftlicher Fachdidaktik und inklusiver Pädagogik heraus und entwickeln ein Rahmenmodell zur Beschreibung inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterrichts. Zentrale Kategorien, die auch als Anforderungen an Lehrkräfte in der Gestaltung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts verstanden werden können, sind (Brauns & Abels, 2020, S. 25): [13]

- die Entwicklung inklusiver Anwendungsbezüge naturwissenschaftlicher Forschungsmethoden
- die inklusive Vermittlung naturwissenschaftlicher Konzepte
- die Entwicklung inklusiver naturwissenschaftlicher Informationsmedien
- inklusive Vermittlung naturwissenschaftlicher Begriffe
- Entwicklung inklusiver Formate forschenden Lernens [14]

Verstehen die Autor:innen im Projektkontext die analytisch gewonnenen Kategorien des Rahmenmodells in ihrer Funktion für die Lehrkräftebildung primär als Kriterien zur Reflexion eigenen bzw. fremden naturwissenschaftlichen Unterrichts (Brauns & Abels, 2020; Egger et al., 2019), lassen sich aus diesen jedoch auch grundsätzlichere Implikationen für Professionalisierungsprozesse ableiten: Wie können angehende Lehrkräfte dazu befähigt werden, naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv, d.h. adressatengerecht, im Sinne naturwissenschaftlicher Grundbildung zu gestalten? Dies betrifft demnach die Ebenen naturwissenschaftlicher Methoden bzw. Erkenntniswege, Inhalte, Konzepte und Begriffe sowie den Einbezug geeigneter (Informations-)medien (auch Brauns & Abels, 2021). (Angehende) Lehrkräften müssen einerseits für mögliche Barrieren auf den verschiedenen Zielebenen naturwissenschaftlicher Bildung sensibilisiert werden, andererseits bedürfen sie pädagogischer wie fachdidaktischer Kompetenzen, um diese Barrieren überwinden zu können. Mit dem NinU-Schema (Ferreira González et al., 2021; Stinken-Rösner et al., 2020) liegt hierzu ein erstes Modell vor, das die thematisierte Verbindungslinie zwischen inklusiver Pädagogik und Naturwissenschaftsdidaktik für Planungsprozesse systematisierend in den Blick nimmt (vgl. Kap. 2.1). Entsprechend lassen sich aus dieser Systematik Ziele für fachdidaktische Professionalisierungsprozesse ableiten, indem Kompetenzerwerbsprozesse im Rahmen inklusiver Lehrkräftebildung auf diese Schnittstellen abzielen. Die vorherige Frage aufgreifend kann daher nun präziser gefragt werden, wie (angehende) Lehrkräfte dazu befähigt werden können, Diversität angemessen wahrnehmen, potenzielle Barrieren antizipieren und durch geeignete didaktisch-pädagogische Maßnahmen ein Höchstmaß an Partizipation bezogen auf die vier Zielebenen naturwissenschaftlicher Bildung zu ermöglichen. [15]

Digitalisierung rückt dabei durch die damit verbundenen, erweiterten Partizipationsmöglichkeiten aber auch ggf. neue Barrieren (Stinken-Rösner & Abels, 2021) im Rahmen naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Fokus. Lehrkräftebildung muss dies berücksichtigen, indem digitale Kompetenzen spezifisch eine dahingehend weitere Analyseebene adressieren. Für die Ebenen naturwissenschaftlicher Kontexte, Inhalte, Erkenntniswege und Lernen über Naturwissenschaften in Verbindung mit den Dimensionen Diversität erkennen, Barrieren

wahrnehmen und Partizipation ermöglichen ist zu fragen, welchen Beitrag (digitale) Medien zur Erreichung der verschiedenen Zielperspektiven im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht leisten können. [16]

4. Forschungsstand zu digitalen Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht

Wie bereits dargelegt, findet eine verbindende Betrachtung von Inklusion und Digitalisierung im Kontext naturwissenschaftlichen Fachunterrichts erst in jüngster Zeit statt (Abels & Stinken-Rösner, 2022; Fränkel & Schroeder, 2023; Stinken-Rösner & Abels, 2021). Dabei ist davon auszugehen, dass der Einsatz digitaler Medien im Rahmen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts besondere Potentiale für die Ermöglichung von Teilhabe an naturwissenschaftlicher Grundbildung bietet, aber auch mit spezifischen Barrieren in der Mediennutzung zu rechnen ist (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Vor diesem Hintergrund kann eine systematische Betrachtung des bisherigen internationalen Forschungsstandes zum Einsatz digitaler Medien im inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterricht helfen, eine differenziertere und empirische abgesicherte Einschätzung über angenommene Potentiale wie Barrieren vorzunehmen. Gleichzeitig können aus den mit der Nutzung einhergehenden professionellen Anforderungen mögliche zukünftige Bedarfe für die Lehrkräftebildung abgeleitet werden. Nachfolgend werden diesbezüglich Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews (Fränkel & Schroeder, 2023) unter dieser Perspektive analysiert. Ausgangspunkt des Reviews bildete eine Suche in den einschlägigen Datenbanken ERIC sowie FIS Bildung zuletzt im Februar 2022 mit den drei Begriffsgruppen a) digi* b) inkl*, inclus*, Sonderpädagogik*, special educational needs c) natur*, bio*, phy*, chem*, Sachunterricht*. Diese wurden mit dem Operator UND verbunden. Der Suchzeitraum erstreckt sich auf Januar 2001 bis Februar 2022. Insgesamt 38 Publikationen in deutscher oder englischer Sprache konnten abschließend für die Analyse berücksichtigt werden. Systematisierend fand eine kategoriale Auswertung statt, worin neben allgemeinen Merkmalen der Beiträge (z.B. Theorie-/Konzept- oder Forschungsbeitrag, forschungsmethodischer Ansatz, Klassen-/ Schulstufe, ausgewiesene Heterogenitätsdimension(en) auf Schüler:innenebene) auch stärker inhaltsbezogene Aspekte analysiert wurden, u.a. die adressierte Zielebene naturwissenschaftlicher Bildung, Art des Einsatzes digitaler Medien, potentielle Barrieren beim Einsatz sowie berichtete Wirkeffekte. Folgend sollen einzelne Befunde hinsichtlich ihrer Implikationen für unterrichtliches Handeln und damit auch die Lehrkräftebildung befragt werden. [17]

4.1. Konzepte und Tools für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht

In einer ersten Systematisierung nach Art des Beitrages wird deutlich, dass es sich in der Mehrheit um empirische Arbeiten (N = 24), die mit quantitativen (N = 13), qualitativen (N = 10) oder mixed-methods-Ansätzen (N = 7) vorgehen, handelt. Acht Beiträge sind hingegen rein konzeptioneller Natur. Keine Publikation setzt sich dabei explizit mit Fragen der Professionalisierung für digitales Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht auseinander, noch werden diesbezüglich notwendige Qualifikationen von Lehrkräften erfasst bzw. bestimmt. Entsprechend zeigt sich eine deutliche Leerstelle im Theorie- und Forschungsstand. [18]

Da digitale Medien helfen sollen, Ziele auf allen Ebenen naturwissenschaftlicher Bildung (Stinken-Rösner & Abels, 2021) zu realisieren, wurden die vorliegenden Beiträge entlang der vorrangig adressierten Zielebenen kategorisiert. Es zeigt sich, dass digitale Medien zum größeren Teil im Zusammenhang mit der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte (B; N = 17) und Erkenntniswege/ Methoden (C; N = 9) eingesetzt werden, wohingegen das Lernen über Naturwissenschaften (D; N = 1) bzw. in Kontexten (A; N = 1) kaum Berücksichtigung findet. [19]

Bezüglich vorhandener Konzepte und Tools lassen sich drei Schwerpunkt in der Gestaltung bzw. der Nutzung digitaler Medien für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht identifizieren: [20]

- a) Digitale Medien als assistive Technologie
- b) Digitale Medien als alternative Dokumentationsmethoden
- c) Digitale Medien als Teil eines Universal Design for Learning [21]

Im Sinne einer kompensatorischen Strategie erfolgt der Einsatz digitaler Medien im Rahmen assistiver Technologien. Zur Kompensation fehlender Sehfähigkeit wird etwa die Nutzung eines sprechenden Kalorimeters zur Wärmemessung in physikalisch-chemischen Versuchen (Gomes, Cavaco, Morgado, Aires-de-Sousa & Fernandes, 2020) vorgeschlagen, oder ein Selbstlernool zur Diagrammerstellung im Braille-Format (Mukherjee, Garain & Biswas, 2014) bereitgestellt. Pagano und Quinsland (2007) berichten hingegen über den Einsatz von Instant Messaging als Kommunikations- und Kooperationstool im naturwissenschaftlichen Unterricht für Schüler:innen mit Hörbeeinträchtigung. [22]

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf alternativen Dokumentationsmethoden über Digital „note-taking“ (Horney et al., 2009; Rody, 2013), für die Vorteile bezogen auf den Lernzuwachs gegenüber schriftlich-analogen Notizen angenommen werden. Es findet dabei lediglich eine Ersetzung (Puentedura, 2006) bisheriger Dokumentationsmedien statt ohne ein grundsätzlich neues oder erweitertes Aufgabenformat zu schaffen. Die vermuteten Vorteile digitaler Dokumentationsmethoden können nur bedingt bestätigt werden. Ergeben sich in der Studie von Rody (2013) keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Methoden, erreichen die Schüler:innen mit digitaler Unterstützung in der Untersuchung von Horney et al. (2009) einen höheren Lernzuwachs, was aber nicht für die Schüler:innen mit Förderbedarf gilt. [23]

Erweiterte didaktische Möglichkeiten stehen hingegen im Fokus von Beiträgen, die sich dem Schwerpunkt Universal Design for Learning bzw. Assessment (Küpper & Weck, 2021; Walkowiak & Nehring, 2019) zuordnen lassen. Unter der Perspektive verstärkter Interaktivität zeigt etwa Wollny (2015) Anwendungsmöglichkeiten von eBooks (Wollny, 2015) im inklusiven Physikunterricht auf wie auch Küpper und Weck (2021) eBooks zur Unterstützung von unterrichtlichen Versuchen beschreiben. Rivera und Kolleg:innen (2017) nutzen multimedial angereicherte „shared stories“ zur Vermittlung von Fachvokabular, wohingegen Vitoriano, Teles, Rizzatti & Pesssoa de Lima (2016) die Anwendung eines digitalen Thermometers hinsichtlich breiter Nutzbarkeit bzw. Zugänglichkeit in den Blick nehmen. Ebenfalls unter der Frage von Barrierefreiheit, insbesondere für nicht-sehende Schüler:innen, findet ein Vergleich verschiedener digitaler Tools als Zugang zum Periodensystem der Elemente statt (Fantin, Sutton, Daumann & Fischer, 2016). [24]

Aus den skizzierten Schwerpunkten lassen sich Hinweise auf Potentiale und Barrieren im Einsatz digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht ableiten. Zentrale Potentiale liegen im Bereich von Assistenz, Barrierefreiheit bzw. Zugänglichkeit, indem etwa Schüler:innen mit Sinnesbeeinträchtigungen (z. B. Fantin et al., 2016; Gomes et al., 2020; Mukherjee et al., 2014; Vitoriano et al., 2016) mittels kompensatorischer Strategien die Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden ermöglicht wird oder Schüler:innen mit Lernbeeinträchtigungen Hilfen für eine selbstständige Erschließung von Fachinhalten (z. B. Küpper & Weck, 2021; Rivera et al., 2017; Wollny, 2015) gegeben werden. Ein unmittelbares Feedback des Tools sowie multimodale Zugangsweisen auch im Rahmen umfassenderer digitaler Lernszenarien (Kim, 2017) scheinen mögliche Vorteile darzustellen. Einzelne Befunde deuten daraufhin, dass sich positive Lerneffekte durch spezifisch abgestimmte Aufgabenformate für Schüler:innen mit Unterstützungsbedarf (z. B. Shaw & Lewis, 2005) erzielen lassen. Küsel und Markvic (2019) können darüber hinaus motivationale Effekt verbunden mit einer generell hohen Akzeptanz für die Nutzung digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht auf Seiten der Schüler:innen nachweisen. [25]

Mögliche Barrieren für den Einsatz digitaler Medien werden hingegen im rezipierten Forschungsstand kaum thematisiert, sondern müssen vornehmlich indirekt erschlossen werden. Es ist etwa ein Fragezeichen hinter die Wirksamkeit und damit auch den didaktischen

Mehrwert der bisher evaluierten Konzepte bzw. Tools zu setzen. So lassen sich bei einzelnen Studien (Horney et al., 2009; Wollny, 2015) explizit für die Gruppe der Schüler:innen mit Förderbedarf keine signifikanten Lerneffekte ermitteln oder auftretende Effekte sind nicht nachhaltig über die Intervention hinaus (Baumann & Melle, 2019; Kieserling & Melle, 2020). Es fehlt an Klarheit darüber, ob und unter welchen Bedingungen welche Schüler:innen konkret vom Einsatz digitaler Medien profitieren können. [26]

Weiterhin wird erkennbar, dass im Sinne multikriterialer Zielerreichung neben fachlichen auch digitale Kompetenzen gefördert werden können (Rivera et al., 2017), ob aber notwendige Voraussetzungen im Umgang mit digitalen Medien als neue, digitale Teilhabebarrieren erscheinen müssen, wird nicht aufgegriffen. Ebenso betrifft dies die Frage nach digitalen Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte. Hierzu fehlt es an Untersuchungen (Kalonde, 2019). Trotzdem soll im Folgenden mit Fokus auf die Lehrkräfte versucht werden, präziser herauszuarbeiten, welche Aufgaben und Herausforderungen sich im Zusammenhang mit dem Einsatz digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht vor dem Hintergrund der zuvor referierten Befunde erkennen lassen. [27]

4.2. Einsatz digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht durch Lehrkräfte – Aufgaben und Herausforderungen

Generelle Befunde zum Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht (Eickelmann, Gerick, Labusch & Vennemann, 2019) lassen erkennen, dass diese mittlerweile bei ca. 60% der Lehrkräfte zum regelmäßigen Unterrichtsrepertoire dazugehören. Stinken-Rösner (2020) weist aber darauf hin, dass deren Nutzen sich noch vorrangig auf Präsentations- und Informationsformate mit Fokus auf die Lehrkraft beschränkt. „Die Nutzung digitaler Medien findet somit häufig durch die Lehrkräfte selbst statt, wodurch Lernende nur begrenzt die Möglichkeit haben ihre digitalen Kompetenzen zu vertiefen.“ (Abels & Stinken-Rösner, 2022, S. 9). Unzureichende technische und zeitliche Ressourcen (z. B. in Bezug auf die Einarbeitung) sowie Unsicherheiten bezogen auf eigene Kompetenzen bzw. eigenes Wissen zum Einsatz digitaler Medien werden als Problemstellen identifiziert (Hövel, van Zadelhoff, Hennemann & Fränkel, 2020; Stinken-Rösner, 2020; Walther, Fränkel, Hennemann & Hövel, 2022). [28]

Erste Befunde zum Nutzungsverhalten digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht (Kalonde, 2019; Schroeder, 2020) zeichnen ein ähnliches Bild. Lehrkräfte machen hier bisher wenig Gebrauch von den Möglichkeiten digitaler Medien für die Förderung unterrichtlicher Teilhabe. So kommt Kalonde (2019, S. 268) zu dem Ergebnis: „Only 33% of science teachers in some way used and modeled technology for inclusive classrooms in their courses.“ Spezifisch für den Primarbereich kann Schroeder (2020) feststellen, dass digitale Medien eher selten zum Einsatz kommen und deren Verfügbarkeit als eingeschränkt bewertet wird. Die Potentiale digitaler Medien werden noch nicht in dem Maße genutzt, wie dies etwa für einen „inkluisiven“ naturwissenschaftlichen Unterricht (Abels & Stinken-Rösner, 2022) angestrebt wird. Abels und Stinken-Rösner (2022) sehen hier sowohl Aufgabe wie auch Herausforderung für Lehrkräfte bei der Planung eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts, Barrieren aber ebenso Partizipationsmöglichkeiten durch digitale Medien in den Blick zu nehmen. Die Zielstellung naturwissenschaftlicher Grundbildung wird so um die Vermittlung digitaler Kompetenzen für alle Schüler:innen erweitert. Entsprechend gelte es die drei Perspektiven von Inklusion, naturwissenschaftlichem Unterricht sowie Digitalisierung gewinnbringend auch im Kontext der Lehrkräftebildung zusammenzuführen (Abels & Stinken-Rösner, 2022). Dies wird nachfolgend auf Basis der zuvor herausgearbeiteten Schwerpunkte des digitalen Medieneinsatzes im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht unter Berücksichtigung bestehender Professionalisierungsmodelle eingeordnet. [29]

5. Qualifizierungsbedarfe und -perspektiven für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht unter Nutzung digitaler Medien

Dem zuvor formulierten Ziel des Beitrags folgend, gilt es abschließend aus den referierten Erkenntnissen zu Potentialen und Barrieren digitaler Medien für einen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht Implikationen für die Lehrkräftebildung abzuleiten. Anknüpfend an den bisherigen Diskussionsstand zu einer inklusiven Lehrkräftebildung wird ein Konzept vorgestellt, das eine fachdidaktische Perspektive und damit die Integration inklusionspädagogischer, wie medienpädagogischer Inhalte in die fachdidaktische Ausbildung fokussiert. [30]

5.1. Ableitung notwendiger Qualifizierungsbedarfe im Kontext von Inklusion, Digitalisierung und naturwissenschaftlichem Unterricht

Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht unter Fokus auf die Nutzung digitaler Medien bedarf für die Professionalisierung angehender Lehrkräfte einer dreifachen Verknüpfungsleistung (Abels & Stinken-Rösner, 2022): [31]

1. Verknüpfung fachdidaktischer und inklusionspädagogischer Wissens Elemente, d.h. Ziele naturwissenschaftlicher Bildung müssen vor dem Hintergrund von Diversität und Partizipation betrachtet werden. [32]
2. Verknüpfung technologischer bzw. medienpädagogischer und inklusionspädagogischer Wissens Elemente, d.h. digitale Medien sind dahingehend zu prüfen, ob bzw. wie diese Teilhabe an, durch bzw. in Medien ermöglichen. [33]
3. Verknüpfung fachdidaktischer und technologischer bzw. medienpädagogischer Wissens Elemente, d.h. der Einsatz digitale Medien ist entlang der Frage zu reflektieren, ob diese für die Erreichung der verschiedenen Zielebenen naturwissenschaftlicher Bildung dienlich sind. [34]

Alle drei Verknüpfungsebenen sind dabei für die Gestaltung komplexer, inklusiver Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht zusammenzubringen. Diese anspruchsvolle Integrationsleistung kann über konkrete Aufgabenfelder in ihrer Komplexität für Ausbildungszusammenhänge fassbarer werden. Aus dem referierten Forschungsstand zum bisherigen Einsatz digitaler Medien (Kap. 4.1) lassen sich diesbezüglich drei Schwerpunkte ableiten, zu denen sich Qualifizierungsbedarfe beschreiben lassen: Assistive Technologien, veränderte Methoden und Universal Design for Learning. [35]

Assistive Technologien können, wie die skizzierten Anwendungsbeispiele zeigen, für Schüler:innen mit spezifischen (Sinnes-)Beeinträchtigungen unterrichtliche Teilhabe insbesondere bezogen auf die selbstständige Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden ermöglichen. Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht sollten daher grundsätzlich um diese Möglichkeiten wissen bzw. Kenntnisse darüber haben, auf welche Unterstützungs- und Beratungsangebote sie diesbezüglich zurückgreifen können. Für Fachlehrkräfte kann es dabei nicht darum gehen, umfassendes Spezialwissen zu verschiedensten Formen assistiver Technologien (Bosse, 2018) zu erwerben, sondern vielmehr geht es um eine grundsätzliche Sensibilität für diesen Bereich. Denkbar wäre es einzelne erfahrungsorientierte Übungselemente in die fachdidaktische Ausbildung zu integrieren, indem etwa Studierende selbst erproben, welche Auswirkungen eingeschränkte Seh- oder Hörfähigkeit für die Durchführung von Versuchen haben und wie assistive Technologien hierbei unterstützen können. Dabei ist zu reflektieren, inwieweit universell zugängliche digitale Medien nicht auch bisherige Speziallösungen in Form assistiver Technologien (Edler, 2015; Fisseler, 2012) ersetzen können. [36]

Ein zweiter Schwerpunkt bildet der Einsatz digitaler Medien als Alternative zu bisherigen Methoden, z.B. zur Dokumentation von Arbeitsergebnissen oder zur Anfertigung von Versuchsprotokollen. Allerdings zeigen die angeführten Befunde, dass eine einfache Ersetzung nur bedingt lernförderlich wirkt. Kompetenzen zur Bewertung des aufgabenbezogenen Einsatzes digitaler Medien (Böhme, Munser-Kiefer & Prestridge, 2020) entlang fachdidaktischer wie

(inklusions-)pädagogischer Kriterien müssen diesbezüglich bedeutsam erscheinen. Welche didaktisch-methodische Funktion hat ein spezifisches Medium gemäß den Zielsetzungen des Unterrichts? Soll dieses lediglich funktionsanalog substituiert werden? Wenn ja, warum und mit welchem Vorteil? Oder ist eine Erweiterung der didaktisch-methodischen Möglichkeiten durch das neue digitale Format möglich? Um entsprechende Bewertungskompetenzen aufzubauen, können verschiedene Möglichkeiten des digitalen Medieneinsatzes hinsichtlich „Redefinition“, „Modifikation“, „Augmentation“ und „Substitution“ analysiert werden (Puentedura, 2006). So kann geprüft werden, ob sich durch einen ersetzenden Medieneinsatz bisherige Ziele inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts in ähnlicher Weise erreichen lassen oder ob ggf. neue bzw. erweiterte Ziele verfolgt werden können. Mit Fokus auf Barrieren und Partizipationsmöglichkeiten (Stinken-Rösner & Abels, 2021) kann die Frage nach der kognitiven Belastung (Böhme et al., 2020) bedeutsam sein. Kann durch den Einsatz digitaler Medien die inhaltsfremde kognitive Belastung reduziert werden oder steigt diese sogar an? Entsprechende Kompetenzen können sowohl über die Analyse bisheriger digitaler Lernangebote wie auch anwendungsbezogen durch die Entwicklung eigener Formate für den Einsatz im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht angebahnt werden. [37]

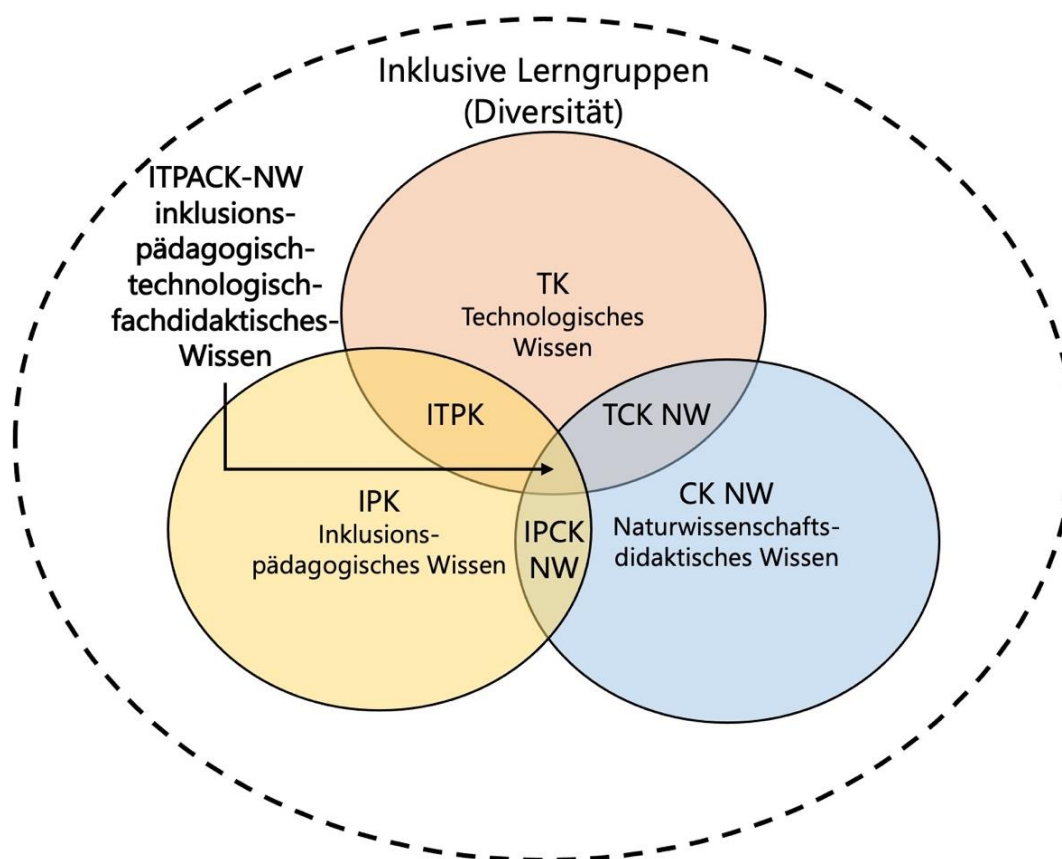
In einem dritten Schwerpunkt sollten Wissen und Kompetenzen zum Universal Design for Learning erworben werden, da sich dies als ein tragfähiges Rahmenkonzept für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (Nehring & Walkowiak, 2020) darstellt. Anknüpfend an bisherige Anwendungsbeispiele (vgl. Kap. 4.1) können exemplarisch Strategien vermittelt werden, wie digitale Medien dazu beitragen vielfältige Wege der Beteiligung, Darstellung, des Handelns und des Ausdrucks (CAST, 2018) für möglichst alle Schüler:innen zu realisieren. Für Ausbildungskontexte erlaubt es UDL besonders den Aspekt der Barrieren sowie der Ermöglichung von Partizipation (Abels & Stinken-Rösner, 2022) in den Fokus gemeinsamer Planungs- und Reflexionsprozesse zu rücken. Unter fachdidaktischer Perspektive ist dabei anknüpfend an die zuvor skizzierten Barrieren und Potentialen (vgl. Kap. 2.1) zu fragen, wie eine Lernumgebung im Sinne naturwissenschaftlicher Grundbildung unter Nutzung digitaler Medien adressatengerecht gestaltet werden kann. [38]

Folglich ergeben sich für die drei herausgearbeiteten Schwerpunkte spezifische Qualifizierungsbedarfe aber auch -perspektiven, um (angehende) Lehrkräfte in die Lage zu versetzen, die dreifache Verknüpfungsleistung für einen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht produktiv zu bewältigen. Diese Überlegungen sollen daher abschließend in ein Rahmenmodell für die Lehrkräftebildung systematisierend eingeordnet werden. [39]

5.2. Diskussion eines Rahmenmodells für die Lehrkräftebildung

Die Gestaltung digitaler Lernangebote im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht setzt eine komplexe Verknüpfungsleistung fachdidaktischer, inklusionspädagogischer sowie technologischer bzw. medienpädagogischer Wissensbereiche bzw. Kompetenzen voraus. Lehrkräftebildung steht vor der Aufgabe, diese vielfältigen und umfassenden Wissensbereiche in Beziehung zueinander zu setzen, sodass diese produktiv für Professionalisierungsprozesse genutzt werden können. Dem folgenden Rahmenmodell kommt diesbezüglich Orientierungsfunktion zu, um einzelne wie auch vernetzte Wissens- und Kompetenzbereiche systematischer in ihrer Verschränktheit beschreiben zu können. Ausgangspunkt bildet das modifizierte TPACK-Modell nach Rosenberg und Köhler (2015) bzw. das DPCK-Modell der KMK (2021). Der äußere Kreis stellt den gegebenen Kontext dar, in dem sich unterrichtliches Handeln bewegt. Spezifisch sind dies Bedingungen einer inklusiven Lerngruppe, gekennzeichnet durch die Diversität der Schüler:innen sowie den damit verknüpften unterrichtlichen und schulischen Rahmenbedingungen, um mit dieser Vielfalt produktiv umzugehen. Dieser Kontext ist daher jeweils für die Lehrkräftebildung als Reflexionsfolien (Häcker & Walm, 2015) stets mitzudenken. Der Kompetenzerwerb bezieht sich dann auf die drei Wissensbereiche technologischen bzw. medienpädagogischen Wissens (TK), fachdidaktischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften (CK NW) sowie inklusionspädagogischen Wissens (IPK). Technologisches Wissen beinhaltet Kenntnisse und Kompetenzen zu einem Lernen mit, durch und über Medien.

Fachdidaktisches Wissen zielt auf die Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundbildung auf den Ebenen naturwissenschaftlicher Kontexte, Inhalte, Erkenntniswege und Methoden sowie eines Lernens über Naturwissenschaften. Inklusionspädagogisches Wissen schließt Kenntnisse über verschiedene Diversitätsdimensionen, potenzielle Barrieren für Teilhabe an Bildungsprozessen sowie Wege Partizipation zu ermöglichen mit ein. Jeder dieser drei Bereiche muss im Rahmen einer inklusiven Lehrkräftebildung mit den jeweils anderen vernetzt werden. Werden alle drei Bereiche zusammengedacht ergibt sich ein spezifisches technologisch-fachdidaktisch-inklusionspädagogisches Wissen (ITPACK NW) zur Gestaltung inklusiver Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht unter Nutzung digitaler Medien (Abb. 2). Exemplarische Wissensselemente, die über konkrete Anwendungsbeispiele für die Lehrkräftebildung erschlossen werden können, sind die Anwendung assistiver Technologien zur Ermöglichung von Partizipation, der Einsatz digitaler Medien als alternative Methoden bzw. in Form modifizierter Aufgabenformate sowie Prinzipien und Strategien des Universal Design for Learning unter Bezugnahme auf fachspezifische Barrieren und Herausforderungen. [40]



TK = Technologisches Wissen (Technological Knowledge)
 IPK = Inklusionspädagogisches Wissen (Inclusive Pedagogical Knowledge)
 CK NW = naturwissenschaftsdidaktisches Wissen (Content Knowledge) auf den Zielebenen naturwissenschaftlicher Kontexte Inhalte, Methoden sowie Lernen über Naturwissenschaften
 TCK NW= Technologisch-naturwissenschaftsdidaktisches Wissen (Technological Content Knowledge)
 ITPK = Inklusionsbezogenes technologisch-pädagogisches Wissen (Inclusive Technological Pedagogical Knowledge) zu den Dimensionen Diversität, Barrieren und Partizipationsmöglichkeiten
 IPCK = inklusionsbezogenes pädagogisch-naturwissenschaftsdidaktisches Wissen (Inclusive Pedagogical Content Knowledge)

Abbildung 2: ITPACK-NW Rahmenmodell zur Verknüpfung inklusionspädagogischer, naturwissenschaftsdidaktischer und technologischer Wissensselemente in der Lehrkräftebildung (eigene Darstellung)

Für eine inklusive Lehrkräftebildung kann das Modell helfen, notwendige Aufgabenfelder zu identifizieren sowie Schwerpunkte für die Ausgestaltung universitärer Lehr- und Lern-Formate

neu zu justieren. Die im Modell angelegte Vernetzungsperspektive kann zunächst als Ausgangspunkte für eine separate Betrachtung in der fachdidaktischen Lehrkräftebildung genutzt werden. Aber auch als Orientierungspunkt für multiprofessionelle Kooperation bereits in der Lehrkräftebildung (z. B. Sun et al., 2022) kann das Modell helfen, Wissensdomänen zu beschreiben, die einzelne Professionen in die Kooperation in komplexe Situationszusammenhänge inklusiven Unterrichts einbringen können. [41]

Abschließend sollen daher weitergehende Perspektiven für die Lehrkräftebildung wie auch Forschungskontexte diskutiert werden. [42]

6. Perspektiven für Lehrkräftebildung und Forschung

Inklusion und Digitalisierung als aktuelle Herausforderungen im Bildungssystem gehen mit neuen bzw. veränderten Anforderungen in der Lehrkräftebildung einher. Ausgehend von einem Auftrag zur Vermittlung grundlegender naturwissenschaftlicher Bildung als Beitrag zu gelingender schulischer wie gesellschaftlicher Inklusion wurde der Fokus auf die Frage gelegt, was dies für die Professionalisierung angehender Lehrkräfte im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik bedeutet. Dabei konnte gezeigt werden, dass der bisherige Professionalisierungsdiskurs die Felder Naturwissenschaftsdidaktik, Inklusion und Digitalisierung nur dichotom betrachtet. Hier werden etwa bestehende Kompetenzprofile angehender Fachlehrkräfte mit inklusionspädagogischen Wissenskomponenten angereichert oder Möglichkeiten zur multiprofessionellen Kooperation bereits im Studium geschaffen. Mit dem TPACK-Modell hingegen werden technologiebezogene, pädagogische und fachliche Wissensbereiche verknüpft. Mit der erweiterten Perspektive auf Inklusion, Digitalisierung und naturwissenschaftliche Grundbildung wurde nun versucht, alle drei Aufgabenfelder für die Lehrkräftebildung produktiv in Beziehung zu setzen und in ein modifiziertes ITPACK-NW Modell zu integrieren. Dabei handelt es sich zunächst um einen heuristischen Ansatz. Eine zukünftige Forschungsaufgabe muss es daher sein die damit verbundenen Wissensbereiche angelehnt an bisherige Arbeiten zum inklusionsbezogenen (König et al., 2019) und technologisch-naturwissenschaftsdidaktischen (Stinken-Rösner, 2020) Professionswissen zu operationalisieren und das Modell empirisch zu validieren. Dies bietet damit auch Perspektiven für die Gestaltung entsprechender Professionalisierungsprozesse im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung. Erste Inhaltsbereiche konnten mit Schwerpunkten auf assistive Technologien, den alternativen Methodeneinsatz sowie UDL identifiziert werden. Zu vermittelnde diklusive Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht betreffen die Analyse und Reflektion von Barrieren und Potentialen digitaler Medien für die Teilhabe an naturwissenschaftlicher Grundbildung. Hieraus ergibt sich demnach ein Plädoyer für einen fachdidaktisch reflektierten Einsatz digitaler Medien, da diese nicht per se lern- bzw. inklusionsförderlich sind, sondern situationsbezogen in Passung zu den individuellen Voraussetzungen der Schüler:innen und den Zielen des Unterrichts jeweils neu zu beurteilen sind. Zukünftige Lehrkräftebildung muss daher diese Beurteilungskompetenz in Schnittmenge inklusionspädagogischen, fachdidaktischen und medienpädagogischen Wissens in den Blick nehmen. Der vorliegende Beitrag versteht sich hier als Diskussionsimpuls. [43]

Literatur

- Abels, S. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen und Inklusion – Inklusion durch Kompetenzorientierung? In S. Habis (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. doi: [10.25656/01:20445](https://doi.org/10.25656/01:20445)
- Abels, S. & Stinken-Rösner, L. (2022). „Diklusion“ im naturwissenschaftlichen Unterricht - Aktuelle Positionen und Routenplanung. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Digitale NAWI-gation von Inklusion. Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (S. 5–21). Wiesbaden: Springer VS. doi: [10.1007/978-3-658-37198-2_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_2)

- Albers, T., Filipiak, A., Franzen, K. & Hellmich, F. (2022). Kompetenzentwicklung im inklusiven Unterricht (KinU). Eine internationale Perspektive. In B. Schimek, G. Kremsner, M. Proyer, R. Grubich, F. Paudel & R. Grubich-Müller (Hrsg.), *Grenzen.Gänge.Zwischen.Welten. Kontroversen – Entwicklungen – Perspektiven der Inklusionsforschung* (S. 207–214). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. doi: [10.25656/01:23833](https://doi.org/10.25656/01:23833)
- Amrhein, B. & Reich, K. (2014). Inklusive Fachdidaktik. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Hrsg.), *Fachdidaktik inklusive. Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule* (S. 31–44). Münster: Waxmann.
- Basten, M., Ferreira González, L., Kaiser, L.-M. & Fränkel, S. (2021). Inklusiver Biologieunterricht - Das Potenzial von fachspezifischen Charakteristika für die diversitätssensible kompetenzorientierte Unterrichtsplanung. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Şeremet et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion (Sonderpädagogische Förderung heute, 4. Beiheft, S. 133–146)*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Baumann, T. & Melle, I. (2019). Evaluation multimedialer Lernumgebungen im inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 117–120). Regensburg: Universität Regensburg. Verfügbar unter: https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2019/TB2019_117_Baumann.pdf
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krause & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.
- Bertram, J., Albersmann, N. & Rolka, K. (2020). Ansatz zur Weiterentwicklung des Modells der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften für inklusiven (Mathematik-) Unterricht. Identifizierte Kompetenzbereiche bei Lehrkräften zu Beginn einer Fortbildung. *Qfl - Qualifizierung für Inklusion*, 2(1). doi: [10.21248/qfi.25](https://doi.org/10.21248/qfi.25)
- Böhme, R., Munser-Kiefer, M. & Prestridge, S. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Medien in der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 13(1), 1–14. doi: [10.1007/s42278-019-00066-3](https://doi.org/10.1007/s42278-019-00066-3)
- Bosse, I. (2018). Schulische Teilhabe durch Medien und assistive Technologien. In G. Quenzel & K. Hurrelmann (Hrsg.), *Handbuch Bildungsarmut* (S. 827–852). Wiesbaden: Springer VS. doi: [10.1007/978-3-658-19573-1_33](https://doi.org/10.1007/978-3-658-19573-1_33)
- Bosse, I., Schluchter, J.-R. & Zorn, I. (Hrsg.). (2019). *Handbuch Inklusion und Medienbildung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Braun, D. & Huwer, J. (2022). Computational literacy in science education – A systematic review. *Frontiers in Education*, 7. doi: [10.3389/educ.2022.937048](https://doi.org/10.3389/educ.2022.937048)
- Brauns, S. & Abels, S. (2020). *The Framework for Inclusive Science Education*. Inclusive Science Education No. 1/2020. Verfügbar unter: www.leuphana.de/inclusive-science-education
- Brauns, S. & Abels, S. (2021). Die Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten – Naturwissenschaftsdidaktische Theorie und Empirie erweitern mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 231–249. doi: [10.1007/s40573-021-00135-0](https://doi.org/10.1007/s40573-021-00135-0)
- Bund & Länder. (2020). *Zusatz zur Verwaltungsvereinbarung DigitalPakt Schule 2019 bis 2024 („Sofortausstattungsprogramm“)*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_07_04-Verwaltungsvereinbarung-Zusatz-Sofortausstattungsprogramm.pdf
- Buxton, C., Harman, R., Cardozo-Gaibisso, L., Jiang, L., Bui, K. & Allestaht-Snyder, M. (2019). Understanding Science and Language Connections: New Approaches to Assessment with Bilingual Learners. *Research in Science Education*, 49(4), 977–988. doi: [10.1007/s11165-019-9846-8](https://doi.org/10.1007/s11165-019-9846-8)
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann.

- Bybee, R. W. & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 349–352. doi: 10.1002/tea.20147
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. Verfügbar unter: <http://udlguidelines.cast.org>
- Decristan, J., Hondrich, A. L., Büttner, G., Hertel, S., Klieme, E., Kunter, M. et al. (2015). Impact of Additional Guidance in Science Education on Primary Students' Conceptual Understanding. *The Journal of Educational Research*, 108(5), 358–370. 10.1080/00220671.2014.899957
- Dumont, H. (2019). Neuer Schlauch für alten Wein? Eine konzeptuelle Betrachtung von individueller Förderung im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(2), 249–277. doi: 10.1007/s11618-018-0840-0
- Edler, C. (2015). E-Inklusion und Cognitive Accessibility.: Menschen mit kognitiven Behinderungen nutzen Tablets im Alltag. *Medien + Erziehung*, 59(4), 74–81.
- Egger, D., Brauns, S., Sellin, K., Barth, M. & Abels, S. (2019). Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. *Journal für Psychologie*, 27(2), 50–70. Verfügbar unter: <https://journal-fuer-psychologie.de/article/view/666>
- Eickelmann, B., Gerick, J., Labusch, A. & Vennemann, M. (2019). Schulische Voraussetzungen als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-2018-Teilnehmerländern. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert et al. (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 137–172). Münster: Waxmann. doi: 10.25656/01:18323
- Faix, A.-C. (2020). "Lehrersein ist ja irgendwie von Widersprüchen irgendwo gekennzeichnet": Eine längsschnittliche Untersuchung Subjektiver Theorien zu gutem inklusivem Unterricht. *Pädagogische Horizonte*, 4(2), 57–79. Verfügbar unter: <https://paedagogische-horizonte.at/index.php/ph/article/view/91>
- Fantin, D., Sutton, M., Daumann, L. J. & Fischer, K. F. (2016). Evaluation of Existing and New Periodic Tables of the Elements for the Chemistry Education of Blind Students. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1039–1048. doi: 10.1021/acs.jchemed.5b00636
- Ferreira González, L., Fühner, L., Sühlig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Şeremet et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion (Sonderpädagogische Förderung heute, 4. Beiheft, S. 191–215)*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Fischer, C., Kopmann, H., Rott, D., Veber, M. & Zeinz, H. (2014). Adaptive Lehrkompetenz und pädagogische Haltung. Lehrerbildung für eine inklusive Schule. In E. Kiel, I. Esslinger-Hinz & K. Reusser (Hrsg.), *Allgemeine Didaktik für eine inklusive Schule* (S. 16–34). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Fisseler, B. (2012). Assistive und Unterstützende Technologien in Förderschule und inklusivem Unterricht. In I. Bosse (Hrsg.), *Medienbildung im Zeitalter der Inklusion (LfM-Dokumentation, Band 45, S. 87–91)*. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (LfM).
- Fisseler, B. (2020). Inklusive Digitalisierung. Universal Design for Learning und assistive Technologie. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 65(1), 9–20.
- Florian, L. & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *British Educational Research Journal*, 37(5), 813–828. doi: 10.1080/01411926.2010.501096
- 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.
- Fränkel, S., Ferencik-Lehmkuhl, D. & Schroeder, R. (2022). Wie reflektieren Studienanfänger*innen inklusiven Unterricht? Ergebnisse einer qualitativen Studie zur Reflexionskompetenz von Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 15(1), 195–215.

- Fränkel, S. & Kiso, C. (2021). Inklusive Begabungsförderung als blinder Fleck im Fachunterricht? Eine Einführung in die Thematik. In C. Kiso & S. Fränkel (Hrsg.), *Inklusive Begabungsförderung in den Fachdidaktiken – Diskurse, Forschungslinien und Praxisbeispiele* (S. 11–22). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Fränkel, S. & Schroeder, R. (2023). Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews. In D. Ferencik-Lehmkuhl, I. Huynh, C. Laubmeister, C. Lee, C. Melzer, I. Schwank et al. (Hrsg.), *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. doi: [10.35468/5990-04](https://doi.org/10.35468/5990-04)
- Frohn, J., Schmitz, L. & Pant, H. A. (2020). Lehrkräfteprofessionalisierung: adaptive Lehrkompetenz für inklusiven Unterricht. In E. Brodesser, J. Frohn, N. Welskop, A.-C. Liebsch, V. Moser & D. Pech (Hrsg.), *Inklusionsorientierte Lehr-Lern-Bausteine für die Hochschullehre. Ein Konzept zur Professionalisierung zukünftiger Lehrkräfte* (S. 30–36). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. doi: [10.35468/5798_02.2](https://doi.org/10.35468/5798_02.2)
- Gebhardt, M., Kuhl, J., Wittich, C. & Wember, F. B. (2018). Inklusives Modell in der Lehramtsausbildung nach den Anforderungen der UN-BRK. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), *DoProfil. Das Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 279–292). Münster: Waxmann.
- Gomes, V. V., Cavaco, S. C. F., Morgado, C. P., Aires-de-Sousa, J. & Fernandes, J. C. B. (2020). An Arduino-Based Talking Calorimeter for Inclusive Lab Activities. *Journal of Chemical Education*, 97(6), 1677–1681. doi: [10.1021/acs.jchemed.0c00148](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00148)
- Greitemann, L., Baumann, T., Holländer, M., Kieserling, M., Zimmermann, F. & Melle, I. (2021). Digitale Lehr- und Lernformate für den Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Şeremet et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (Sonderpädagogische Förderung heute, 4. Beiheft, S. 83–100). Weinheim: Beltz Juventa.
- Großmann, N., Kleinert, S. & Basten, M. (2022). Diversitätssensibel und lebens(welt)nah - Fachspezifische Ansätze für eine inklusive Biologiedidaktik. In M. Braksiek, K. Golus, B. Gröben, M. Heinrich, P. Schildhauer & L. Streblow (Hrsg.), *Schulische Inklusion als Phänomen – Phänomene schulischer Inklusion* (S. 293–313). Wiesbaden: Springer VS. doi: [10.1007/978-3-658-34178-7_13](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34178-7_13)
- Häcker, T. & Walm, M. (2015). Inklusion als Herausforderung an eine reflexive Erziehungswissenschaft. Anmerkungen zur Professionalisierung von Lehrpersonen in „inklusive“ Zeiten. *Erziehungswissenschaft*, 26(51), 81–89. doi: [10.25656/01:11578](https://doi.org/10.25656/01:11578)
- Harms, U. & Riese, J. (2018). Professionelle Kompetenz und Professionswissen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–298). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-662-56320-5_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_17)
- Hasselhorn, M., Decristan, J. & Klieme, E. (2019). Individuelle Förderung. In O. Köller, M. Hasselhorn, F. W. Hesse, K. Maaz, J. Schrader, H. Solga et al. (Hrsg.), *Das Bildungswesen in Deutschland. Bestand und Potenziale* (S. 375–401). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Heinrich, M., Urban, M. & Werning, R. (2013). Grundlagen, Handlungsstrategien und Forschungsperspektiven für die Ausbildung und Professionalisierung von Fachkräften für inklusive Schulen. In H. Döbert & H. Weishaupt (Hrsg.), *Inklusive Bildung professionell gestalten. Situationsanalyse und Handlungsempfehlungen* (S. 69–134). Münster: Waxmann.
- Hillenbrand, C., Melzer, C., & Hagen, T. (2013). Bildung schulischer Fachkräfte für inklusive Bildungssysteme. In H. Döbert & H. Weishaupt (Hrsg.), *Inklusive Bildung professionell gestalten. Situationsanalyse und Handlungsempfehlungen* (S. 33–68). Münster: Waxmann.
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann. Verfügbar unter: <https://www.waxmann.com/index.php%3Ffeld=download%26buchnr=3766>
- Horney, M. A., Anderson-Inman, L., Terrazas-Arellanes, F., Schulte, W., Mundorf, J., Wiseman, S. et al. (2009). Exploring the Effects of Digital Note Taking on Student

- Comprehension of Science Texts. *Journal of Special Education Technology*, 24(3), 45–61. doi: [10.1177/016264340902400305](https://doi.org/10.1177/016264340902400305)
- Hövel, D., van Zadelhoff, R., Hennemann, T. & Fränkel, S. (2020). "Das kennt man, das macht man (...) und das Neue ist dann letztendlich hinten runtergefallen". Technik-Akzeptanz des Virtuellen Schulboards (VSB) aus Sicht von Schulleiter*innen. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 57–63). Münster: Waxmann. doi: [10.31244/9783830992462](https://doi.org/10.31244/9783830992462)
- HRK & KMK (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt Gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2015/ Beschluss der Hochschulrektorenkonferenz vom 18.03.2015). Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-Schule-der-Vielfalt.pdf
- Kalonde, G. (2019). Inclusive Education in Science Education: Are Science Teachers Using Inclusive Technologies in Science Classrooms? In P. H. Bull & Keengwe (Hrsg.), *Handbook of Research on Innovative Digital Practices to Engage Learners* (S. 261–273). Hershey: IGI Global. doi: [10.4018/978-1-5225-9438-3](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9438-3)
- Kamin, A.-M. (2021). Teilhabechancen und Exklusionsrisiken - Digitale Bildung unter der Perspektive von Inklusion: Inklusion - Medien - Inklusive Medienbildung. In GEW (Hrsg.), *Digitalisierung zwischen Teilhabe und Spaltung. Dokumentation der Onlinetagung vom 2. Dezember 2020* (S. 20–24). Essen: GEW. Verfügbar unter: <https://www.gew.de/fileadmin/media/publikationen/hv/Bildung-digital/TG-Doku-Digital-Teilhabe-Spaltung-2021-A4-web.pdf>
- Kieserling, M. & Melle, I. (2020). Tablet-gestütztes Experimentieren und Lernen im Chemieunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019* (S. 214–217). Essen: Universität Duisburg-Essen. doi: [10.25656/01:20445](https://doi.org/10.25656/01:20445)
- Kim, M. S. (2017). Multimodal Modeling Activities with Special Needs Students in an Informal Learning Context: Vygotsky Revisited. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2133–2154. doi: [10.12973/eurasia.2017.01218a](https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01218a)
- KMK. (2017). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf
- KMK. (2019). *Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre*, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2019/2019_03_14-Digitalisierung-Hochschullehre.pdf
- KMK. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Die ergänzende Empfehlung zur Strategie "Bildung in der digitalen Welt"*, Sekretariat der Kultusministerkonferenz. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- König, J., Gerhard, K., Kaspar, K. & Melzer, C. (2019). Professionelles Wissen von Lehrkräften zur Inklusion: Überlegungen zur Modellierung und Erfassung mithilfe standardisierter Testinstrumente. *Pädagogische Rundschau*, 73(1), 43–64. doi: [10.3726/PR012019.0004](https://doi.org/10.3726/PR012019.0004)
- König, P. (2020). Digitale Medien und Inklusion in der wissenschaftlichen Weiterbildung: Ein Einblick zum Stand der Professionalisierung. *Qfl - Qualifizierung für Inklusion*, 2(4). doi: [10.21248/Qfl.39](https://doi.org/10.21248/Qfl.39)
- Kullmann, H., Lütje-Klose, B. & Textor, A. (2014). Eine Allgemeine Didaktik für inklusive Lerngruppen - fünf Leitprinzipien als Grundlage eines Bielefelder Ansatzes der inklusiven Didaktik. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Hrsg.), *Fachdidaktik inklusive - Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule* (S. 89–108). Münster: Waxmann. Verfügbar unter: <https://www.waxmann.com/index.php?elD=download&buchnr=3017>
- 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. Şeremet et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (Sonderpädagogische Förderung heute, 4. Beiheft, S. 10–25). Weinheim: Beltz Juventa.
- Küsel, J. & Markic, S. (2019). Entwicklung einer videobasierten, sprachsensiblen Unterrichtseinheit. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 109–112). Regensburg: Universität Regensburg.
- Kutscher, N. (2019). Digitale Ungleichheit als Herausforderung für Medienbildung. *DDS - Die deutsche Schule*, 111(4), 379-390. doi: [10.25656/01:20607](https://doi.org/10.25656/01:20607)
- Lindmeier, C. & Lütje-Klose, B. (2015). Inklusion als Querschnittsaufgabe in der Erziehungswissenschaft. *Erziehungswissenschaft*, 26(51), 7–16. doi: [10.25656/01:11565](https://doi.org/10.25656/01:11565)
- Lütje-Klose, B. (2023). Schulische Inklusion und sonderpädagogische Professionalität - Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. In D. Ferencik-Lehmkuhl, I. Huynh, C. Laubmeister, C. Lee, C. Melzer, I. Schwank et al. (Hrsg.), *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung* (S. 17–32). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. doi: [10.25656/01:26300](https://doi.org/10.25656/01:26300)
- Lütje-Klose, B., Miller, S. & Ziegler, H. (2014). Professionalisierung für die inklusive Schule als Herausforderung für die LehrerInnenbildung. *Soziale Passagen*, 6, 69–84. doi: [10.1007/s12592-014-0165-7](https://doi.org/10.1007/s12592-014-0165-7)
- Mayrberger, K. (2018). Rahmenbedingungen für die Gestaltung von Lernumgebungen mit mobilen Endgeräten. In C. de Witt & C. Gloerfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 63–82). Wiesbaden: Springer VS. doi: [10.1007/978-3-658-19123-8_4](https://doi.org/10.1007/978-3-658-19123-8_4)
- Melzer, C., Hillenbrand, C., Sprenger, D. & Hennemann, T. (2015). Aufgaben von Lehrkräften in inklusiven Bildungssystemen – Review internationaler Studien. *Erziehungswissenschaft*, 26(51), 61–80. doi: [10.25656/01:11577](https://doi.org/10.25656/01:11577)
- 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.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. doi: [10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x)
- Monitor Lehrerbildung. (2022). *Factsheet. Lehramtsstudium in der digitalen Welt*. Verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/MLB_Factsheet_Lehramtsstudium_in_der_digitalen_Welt_final_2022-12-13_21_18_37.pdf
- Moser, V. (2013). Forschungserkenntnisse zur sonderpädagogischen Professionalität in inklusiven Settings. In S. Trumpp, J. Seifried & T. Klauß (Hrsg.), *Inklusive Bildung. Erkenntnisse und Konzepte aus Fachdidaktik und Sonderpädagogik* (S. 92–106). Weinheim: Beltz Juventa.
- Mukherjee, A., Garain, U. & Biswas, A. (2014). Experimenting with Automatic Text-to-Diagram Conversion: A Novel Teaching Aid for the Blind People. *International Forum of Educational Technology & Society*, 17(3), 40–53.
- Musenberg, O. & Riegert, J. (2015). Inklusiver Fachunterricht als didaktische Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 13–28). Stuttgart: Kohlhammer.
- 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. (2020). Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Aufgaben für die Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66(2), 159–173. doi: [10.25656/01:25789](https://doi.org/10.25656/01:25789)
- OECD. (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030. OECD Learning Compass 2030 – A Series Of Concept Notes*. Verfügbar unter: https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

- Pagano, T. & Quinsland, L. K. (2007). Pedagogical Applications of Instant Messaging Technology for Deaf and Hard-of-Hearing Students in the Science Classroom. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 12(1), 33–46. doi: [10.14448/jsted.01.0004](https://doi.org/10.14448/jsted.01.0004)
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784–802. doi: [10.1007/s10956-014-9512-x](https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x)
- Puentedura, R. R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. Verfügbar unter: <http://www.hippasus.com/resources/tte/>
- Pugach, M. C., Blanton, L. P., Mickelson, A. M. & Boveda, M. (2020). Curriculum Theory: The Missing Perspective in Teacher Education for Inclusion. *Teacher Education and Special Education*, 43(1), 85–103. doi: [10.1177/0888406419883665](https://doi.org/10.1177/0888406419883665)
- Rivera, C. J., Hudson, M. E., Weiss, S. L. & Zambone, A. (2017). Using a Multicomponent Multimedia Shared Story Intervention with an iPad to Teach Content Picture Vocabulary to Students with Developmental Disabilities. *Education and Treatment of Children*, 40(3), 327–352.
- Rody, C. A. (2013). *Digital Assist: A Comparison of Two Note-Taking Methods (Traditional vs. Digital Pen) for Students with Emotional Behavioral Disorders*. Ann Arbor: ProQuest.
- Rosenberg, J. M. & Koehler, M. J. (2015). Context and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): A Systematic Review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3), 186–210. doi: [10.1080/15391523.2015.1052663](https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663)
- Schildknecht, R., Hundertmark, S., Sun, X., Boskany, J., Seremet, V., Nitz, S. et al. (2022). Ein kooperatives Seminar zur Vorbereitung von Lehramtsstudierenden der Sonderpädagogik und Studierende des Regelschullehramts Biologie, Chemie und Physik auf gemeinsamen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. *Herausforderung Lehrer_innenbildung*, 5(1), 296–316. doi: [10.11576/hlz-4507](https://doi.org/10.11576/hlz-4507)
- Schluchter, J.-R. & Bosse, I. (2019). Professionalisierung in der Schule. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (S. 297–309). Weinheim: Beltz Juventa.
- Schmid, M. & Petko, D. (2020). "Technological Pedagogical Content Knowledge" als Leitmodell medienpädagogischer Kompetenz. *MedienPädagogik*, 17, 121–140. doi: [10.21240/mpaed/jb17/2020.04.28.x](https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.28.x)
- Schroeder, R. (2020). Inklusiver Sachunterricht zwischen Kind- und Materialorientierung – Mediennutzung und Motive der Medienauswahl im Fokus einer explorativen Lehrkräftebefragung. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 13, 81–97. doi: [10.1007/s42278-019-00070-7](https://doi.org/10.1007/s42278-019-00070-7)
- 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, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Şeremet et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (Sonderpädagogische Förderung heute, 4. Beiheft, S. 234–248). Weinheim: Beltz Juventa.
- Schulz, L. (2021). Diklusiver Schulentwicklung: Erfahrungen und Erkenntnisse der digital-inklusive Multiplikatorinnen- und Multiplikatoren Ausbildung in Schleswig-Holstein. *MedienPädagogik*, 41, 32–54. doi: [10.21240/mpaed/41/2021.02.03.X](https://doi.org/10.21240/mpaed/41/2021.02.03.X)
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A., Berkeley, S. L. & Marshak, L. (2010). Mnemonic Strategies: Evidence-Based Practice and Practice-Based Evidence. *Intervention in School and Clinic*, 46(2), 79–86. doi: [10.1177/1053451210374985](https://doi.org/10.1177/1053451210374985)
- Seitz, S. (2006). Inklusive Didaktik: Die Frage nach dem ‚Kern der Sache‘. *Zeitschrift für Inklusion*, (1). Verfügbar unter: <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/184>
- Shaw, R. & Lewis, V. (2005). The impact of computer-mediated and traditional academic task presentation on the performance and behaviour of children with ADHD. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 5(2), 47–54. doi: [10.1111/J.1471-3802.2005.00041.x](https://doi.org/10.1111/J.1471-3802.2005.00041.x)
- Stebler, R. & Reusser, K. (2017). Adaptiv Unterrichten - jedem Kind einen persönlichen Zugang zum Lernen ermöglichen. In B. Lütje-Klose, S. Miller, S. Schwab & B. Streese (Hrsg.),

- Inklusion: Profile für die Schul- und Unterrichtsentwicklung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Theoretische Grundlagen - empirische Befunde - Praxisbeispiele* (S. 253–264). Münster: Waxmann.
- Stinken-Rösner, L. (2020). Simulations in Science Education – Status Quo. *Progress in Science Education*, 3(1), 26–34. doi: [10.25321/prise.2020.996](https://doi.org/10.25321/prise.2020.996)
- Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung: integriert statt zusätzlich. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*, 1. Verfügbar unter: <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1114>
- 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. Şeremet et al. (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (Sonderpädagogische Förderung heute, 4. Beiheft, S. 161–175). Weinheim: Beltz Juventa.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T. et al. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3, 30–45. doi: [10.23770/rt1831](https://doi.org/10.23770/rt1831)
- Sun, X., Reith, M., Schildknecht, R., Boskany, J., Hundertmark, S., Şeremet, V. et al. (2022). GeLernt: Multiprofessionelle Kooperation von Lehramtsstudierenden der Sonderpädagogik und Studierenden des Regelschullehramts Biologie, Chemie und Physik zur Gestaltung inklusiver Lerneinheiten in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. In D. Lutz, J. Becker, F. Buchhaupt, D. Katzenbach, A. Strecker & M. Urban (Hrsg.), *Qualifizierung für Inklusion. Sekundarstufe* (S. 131–146). Münster: Waxmann. doi: [10.31244/9783830995142](https://doi.org/10.31244/9783830995142)
- Therrien, W. J., Taylor, J. C., Hosp, J. L., Kaldenberg, E. R. & Gorsh, J. (2011). Science Instruction for Students with Learning Disabilities: A Meta-Analysis. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(4), 188–203. doi: [10.1111/j.1540-5826.2011.00340.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00340.x)
- UN-BRK. (2008). Gesetz zu dem Übereinkommen der Vereinten Nationen vom 13. Dezember 2006 über die Rechte von Menschen mit Behinderungen sowie zu dem Fakultativprotokoll vom 13. Dezember 2006 zum Übereinkommen der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen. Vom 21. Dezember 2008. *Bundesgesetzblatt*, 2008(35), 1419–1475.
- Upmeier zu Belzen, A. & Beniermann, A. (2020). Naturwissenschaftliche Grundbildung im Fächerkanon der Schule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66(5), 642–665. doi: [10.25656/01:25808](https://doi.org/10.25656/01:25808)
- Villanueva, M. G. & Hand, B. (2011). Science for All: Engaging Students with Special Needs in and About Science. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26(4), 233–240. doi: [10.1111/j.1540-5826.2011.00344.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2011.00344.x)
- Vitoriano, F. A., Teles, V. L. G., Rizzatti, I. M. & Pessoa de Lima, R. C. (2016). Promoting Inclusive Chemistry Teaching by Developing an Accessible Thermometer for Students with Visual Disabilities. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2046–2051. doi: [10.1021/acs.jchemed.6b00162](https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00162)
- 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. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. doi: [10.1007/s40573-019-00095-6](https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6)
- Walkowiak, M. & Nehring, A. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift für Inklusion*, 11. Verfügbar unter: <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/450>
- Walkowiak, M. & Nehring, A. (2019). Barrierefreiheit und Testzugänglichkeit in Interventionsstudien: Universal Design for Assessment and Universal Design for Learning in einer digital-basierten Lernumgebung zur Förderung von NOS-Konzepten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 113–116). Regensburg: Universität Regensburg.

- Walther, K., Fränkel, S., Hennemann, T. & Hövel, D. C. (2022). Challenges and opportunities of using a cooperative digital educational plan. Evaluation of the implementation. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 24(1), 73–86. doi: [10.2478/eurodl-2022-0006](https://doi.org/10.2478/eurodl-2022-0006)
- Weidenhiller, P., Miesera, S. & Nerdel, C. (2020). Inklusion und Digitalisierung in der Lehrerbildung Lehrveranstaltungskonzept zur Professionalisierung von Lehramtsstudierenden. *Journal für Psychologie*, 27(2), 382–399. Verfügbar unter: <https://journal-fuer-psychologie.de/article/view/680/823>
- Weiß, S., Muckenthaler, M., Heimlich, U., Küchler, A. & Kiel, E. (2019). Welche spezifischen Bedarfe einer Qualifizierung und Professionalisierung haben Lehrer*innen in inklusiven Schulen? *Qfl - Qualifizierung für Inklusion*, 1(1). doi: [10.21248/Qfl.6](https://doi.org/10.21248/Qfl.6)
- Werning, R. (2017). Aktuelle Trends inklusiver Schulentwicklung in Deutschland. Grundlagen, Rahmenbedingungen und Entwicklungsperspektiven. In B. Lütje-Klose, S. Miller, S. Schwab & B. Streese (Hrsg.), *Inklusion: Profile für die Schul- und Unterrichtsentwicklung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Theoretische Grundlagen - empirische Befunde - Praxisbeispiele* (S. 17–30). Münster: Waxmann.
- Wolfswinkler, G., Fritz-Stratmann, A. & Scherer, P. (2014). Perspektiven für ein Lehrerausbildungsmodell "Inklusion". *DDS - Die deutsche Schule*, 106(4). doi: [10.25656/01:25901](https://doi.org/10.25656/01:25901)
- Wollny, C. (2015). Digitale Medien in der Inklusion. Pilotstudie zum Einsatz eines interaktiven eBooks. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*. Verfügbar unter: <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/641>

Kontakt

René Schroeder, Universität Bielefeld, Fakultät für Erziehungswissenschaft, Konsequenz 41a, 33615 Bielefeld

E-Mail: rene.schroeder@uni-bielefeld.de

Zitation

Schroeder, R. & Fränkel, S. (2023). Das Kompetenzmodell ITPACK-NW für die inklusive Lehrkräftebildung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Qfl - Qualifizierung für Inklusion*, 5(2), doi: [10.21248/Qfl.121](https://doi.org/10.21248/Qfl.121)

Eingereicht: 1. November 2022

Veröffentlicht: 15. Mai 2023



Dieser Text ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) Lizenz.