

Jonas Goltz\*, Svea Isabel Kleinert\*, Sebastian Koisser\*, Navina Schilling\*,  
Christine Demmer, Martin Heinrich, Matthias Wilde, Rolf Werning &  
Jessica Löser

## Lehrkräftebildung für das inklusive Experiment. Digitale Diagnostiktools im Naturwissenschaftsunterricht

### Zusammenfassung

Im Verbundprojekt DiLernProfis<sup>1</sup> wird eine App für das Experimentieren im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht sowie ein Fortbildungskonzept zu deren Einsatz entwickelt. Der vorliegende Beitrag präsentiert zentrale Ergebnisse der begleitenden qualitativen und quantitativen Erhebungen. Diese werden vor dem Hintergrund einer heterogenitätssensiblen Lehrkräftebildung für den Einsatz digitaler Medien sowie derer Potenziale für prozessorientierte Diagnostik diskutiert.

*Schlüsselworte:* Inklusion, Naturwissenschaftsunterricht, digitale Medien, Diagnostik

### Abstract

The joint project DiLernProfis is concerned with the development of an app for experiments in inclusive science classes and a training concept for its use. This article presents key findings from the accompanying qualitative and quantitative surveys. These are discussed in the context of heterogeneity-sensitive teacher training for the use of digital media and their potential for process-oriented assessments.

*Keywords:* Inclusion, science lessons, digital media, assessment

## 1. Einleitung

Digitale Medien bieten umfassende Chancen für eine inklusive Schulentwicklung und für individuelle Lernangebote (Bosse, 2020; Schulz, 2021). Ihr Einsatz wird als eine vielversprechende Antwort auf das Lehren und Lernen in heterogenen Lerngruppen hervorgehoben (KMK, 2021, S. 5, 21). Auch in Bezug auf eine (Förder-) Diagnostik wird betont: „Insbesondere bei der Arbeit mit digitalen Medien und Werkzeugen fallen zunehmend Daten an, die sich verschiedenlich auswerten lassen. Dies eröffnet Potenziale zur Diagnose von Lernständen und individualisierten Förderempfehlungen“ (KMK, 2021, S. 5). Die Interaktivität digitaler Medien ermöglicht etwa die Erfassung von Lernständen im Lernprozess, direkte Rückmeldungen an Schüler:innen und Lehrer:innen und anschließende Unterrichtsadaptionen. Trotz anfallender Kosten für digitale Lernumgebungen scheinen förderdiagnostische digitale Teillösungen realisierbar zu sein (Middendorf, 2022). Lehrkräfte sind darüber hinaus mit den Anforderungen konfrontiert, digitale Medien und inklusive Unter-

---

\* Erstautor:innenschaft

1 Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter den Förderkennzeichen 01NV21118A, 01NV21118B und 01NV21118C gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

richtsentwicklung synergetisch in Verbindung zu setzen. Umfassende Aus- und Fortbildungsangebote werden dadurch unumgänglich (Rank, Büker, Miller & Martschinke, 2023; Schroeder, Blumberg, Kottman, Miller & Reh, 2021).

Das interdisziplinäre Verbundprojekt *Lernprozessbegleitende Diagnostik und Fachdidaktik – gestufte digitale Lernhilfen als Professionalisierungskonzept für adaptiven Unterricht* (DiLernProfis) verortet sich an dieser Schnittstelle und beschäftigt sich mit der (Weiter-)Entwicklung und Erprobung eines App-Formats für das Experimentieren im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht (NW-Unterricht) sowie eines Fortbildungskonzepts zu dessen Einsatz (Löser et al., 2023). Die Naturwissenschaften gelten als komplexes und herausforderndes Unterrichtsfach, besonders für die Umsetzung eines inklusiven Lernangebots (Stinken-Rösner et al., 2020), sodass prozessdiagnostische Verfahren einen hohen Stellenwert einnehmen (Prenzel, 2016). Die Projekt-App soll durch ihr digitales Format lernprozessbegleitende Rückmeldungen individueller Lernstände erlauben.

Im Projekt werden der Einsatz der App in der Sekundarstufe I an Integrierten Gesamtschulen (IGS) und Gymnasien sowie die Durchführung der Fortbildungen durch qualitative und quantitative Untersuchungen begleitet. Analysiert wird, inwiefern das digitale Medium der App eine geeignete didaktische Unterstützung für die Anforderungen eines inklusiv-digitalen NW-Unterrichts darstellt. Hierzu werden Lehrkräfte (u. a. zum Einsatz der App und zur Fortbildung) und Schüler:innen (u. a. zur Nutzung der App) befragt, das konzeptuelle Wissen und die Motivationsqualitäten der Lernenden untersucht sowie die unterrichtliche Praxis beobachtet. Die Ergebnisse verdeutlichen, wie die von uns eingeführte App in besonderer Weise auf unterrichtliche Kontextualisierung und Einbettung angewiesen ist und die Lehrkräfte – und damit auch die Fortbildung – vor spezifische Herausforderungen stellt. Aus den gewonnenen Erkenntnissen leiten wir im vorliegenden Beitrag Empfehlungen dazu ab, wie Fortbildungen zum Einsatz von gestuften digitalen Lernhilfen (gdL) angelegt sein müssen, um Lehrkräfte im Einsatz inklusiver Diagnostik im NW-Unterricht zu unterstützen.

## 2. Inklusiv-digitaler Naturwissenschaftsunterricht

Inklusion stellt sich in aktuellen bildungspolitischen Diskussionen als ein zentrales Aufgabenfeld hinsichtlich zunehmender Heterogenität von Lerngruppen dar. Diagnostik spielt zur Gestaltung individueller Lernumgebungen eine wesentliche Rolle. Während Inklusion bisher häufig als fächerübergreifende Aufgabe betrachtet wurde, wird vermehrt eine fachspezifische Auseinandersetzung bezüglich der Gestaltung inklusiver Lernsettings gefordert (Abels & Stinken-Rösner, 2022). In diesem Abschnitt werden daher zunächst Schnittstellen von Inklusion und Diagnostik diskutiert, mit dem Ziel, das Potenzial der Digitalisierung in diesem Kontext herausstellen zu können. Anschließend werden Schnittstellen zum NW-Unterricht sowie das Konzept der gestuften Lernhilfe (gL) als Möglichkeit adaptiver Lernunterstützung im Experimentierprozess erläutert.

## 2.1 Diagnostik als Teil einer inklusiven Didaktik

Um den Anspruch eines individualisierten Lernangebots zu erfüllen, ist eine didaktische Diagnostik unerlässlich (Prengel, 2016, S. 49; Schäfer & Rittmeyer, 2021; Werning, 2020). Diese zielt darauf ab, individuelle Lernvoraussetzungen und -bedürfnisse aller Lernenden zu ermitteln und mit entsprechenden Lernangeboten zu verknüpfen. Im Gegensatz zur sonderpädagogischen Platzierungsdiagnostik hebt sie sich durch einen inklusiven Ansatz ab (OECD, 2005; Prengel et al., 2009). Auch innerhalb der allgemeinen Didaktik wird ein individualisiertes Lernangebot als Qualitätsmerkmal guten Unterrichts angesehen (Meyer, 2003; Werning, 2020). Eine inklusive Didaktik wird daher als eine Form der guten allgemeinen Didaktik betrachtet, welche die spezifischen Aspekte der Förderung bei individuellen Bedürfnissen berücksichtigt (Lewis & Norwich, 2005, S. 220).

Dennoch findet die Umsetzung dieser Ziele in einem unauflösbaren Spannungsfeld zwischen Inklusion und Exklusion statt (Hasselhorn et al., 2019, S. 376). Der Einsatz diagnostischer Materialien und differenzierter Aufgabenstellungen kann Unterschiede zwischen den Schüler:innen aktiv verstärken (Arndt et al., 2019; Goltz & Schilling, 2024; Rabenstein, Idel & Ricken, 2015). Daher ist ein bewusster und reflektierter Einsatz diagnostischer Instrumente für ein differenziertes Lernangebot unerlässlich.

## 2.2 Digitalisierung und inklusive Didaktik

Der digitale Wandel entwickelt enormen Einfluss auf Bildungsziele (Jörissen, 2011; Reckwitz, 2019). Digitale Kompetenzen werden zunehmend eine notwendige Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe. Aktuelle Studien zeigen bereits einen Zusammenhang zwischen sozioökonomischen Hintergründen und dem Zugang zu digitalen Technologien, ihrer Nutzung sowie den digitalen Kompetenzen auf (Hilbert, 2015; Paus-Hasebrink, 2019; Senkbeil, Drossel, Eickelmann & Vennemann, 2019). Diese Zusammenhänge können zu einer ungleichen Teilhabe an Informationen, gesellschaftlicher Interessenvertretung und Bildungschancen führen. Infolgedessen ist es erforderlich, dass Schulen die mögliche Reproduktion sozialer Ungleichheiten diesbezüglich reflektieren. Das erfordert eine umfassende und stabile digitale Infrastruktur, die sich an deutschen Schulen zwar in den letzten Jahren verbessert hat, jedoch international nicht als anschlussfähig gilt (Eickelmann, Gerick, Labusch & Vennemann, 2019, S. 166).

In zwei systematischen Forschungsreviews zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht mit Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf wird der aktuelle Stand der Forschung im deutschsprachigen Raum zusammengefasst (Mertens et al., 2022; Quenzer-Alfred, Mertens, Homrighausen, Kamin & Mays, 2023): Die empirischen Untersuchungen konzentrieren sich hauptsächlich auf didaktische Ansätze, die darauf abzielen, individuelle Lernrückstände zu kompensieren, anstatt komplexe Unterrichtssettings für gemeinsames Lernen oder die überfachliche Nutzung di-

gitaler Medien zu untersuchen. Dies deutet darauf hin, dass digitale Medien bisher eher kompensierend eingesetzt werden, um die Teilnahme von Lernenden mit sonderpädagogischem Förderbedarf am regulären Unterricht zu ermöglichen. Die Bereitstellung inklusiver Unterrichtskonzepte mit dem Ziel, individuelle Lernangebote für alle zu eröffnen, scheint nachrangig. Auch Schaumburg (2021, S. 162) stellt in ihrem internationalen Forschungsüberblick zum personalisierten Lernen mit digitalen Medien ernüchternd fest: „Die Evaluationen dokumentieren zahlreiche Barrieren auf unterschiedlichen Ebenen, die von etablierten Unterrichtspraxen und mangelnder Erfahrung über Kompetenzdefizite der Lehrkräfte bis zu fehlenden Ressourcen und mangelhaften organisatorischen Unterstützungsstrukturen sowie adversen außerschulischen Rahmenbedingungen reichen.“ Ethnographische Studien legen ebenso nahe, dass sich der Unterricht durch den Einsatz digitaler Medien nicht grundlegend verändert, sondern lediglich bestehende pädagogische Ordnungen überformt werden (Goltz & Schilling, 2024; Rabenstein, Macgilchrist, Wagener-Böck & Bock, 2022; Thiersch & Wolf, 2021). Hohe Erwartungen an eine grundlegende Transformation, auch im Sinne eines inklusiven Unterrichts durch digitale Medien, haben sich somit zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht erfüllt.

### 2.3 Naturwissenschaftsunterricht und inklusive Didaktik

Im Sinne einer *scientific literacy for all* liegt das Ziel inklusiven NW-Unterrichts in der Partizipation aller Lernenden zur Erlangung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Menthe et al., 2017). Neben der Vermittlung fachlicher Kompetenzen geht damit auch ein Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und die damit verbundene Förderung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung einher (Nerdel, 2017). Können sich in den NW-Fächern inhaltliche und handlungsbezogene Kompetenzen durchaus unterscheiden (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017; Nerdel, 2017), sind ihnen auf Ebene der Bildungsstandards die Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung gemein (Nerdel, 2017). Die Naturwissenschaften bieten hierbei unterschiedliche Potenziale für einen inklusionsorientierten Unterricht. Auf inhaltlicher Ebene gewährleisten der fachinhärente Diversitätsbegriff (insbesondere im Fach Biologie) sowie der hohe Lebensweltbezug Anknüpfungspunkte für die Gestaltung inklusiver Lernsettings. Ferner bietet das handlungsorientierte und kooperative Arbeiten die Möglichkeiten einer inklusionsorientierten Unterrichtsgestaltung. Als zentrale Arbeitsweise naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gilt das Experimentieren. Dieses kann dem Motivationsabfall der Schüler:innen während der Schullaufbahn entgegenwirken (Minner, Levy & Century, 2010). Gleichmaßen stellt das offene Experimentieren als komplexer, kognitiver Problemlöseprozess (Mayer, 2007, 2018) die Lernenden vor vielfältige Herausforderungen, die wiederum mit einer Unterminierung der Motivation einhergehen können (Paas, Renkl & Sweller, 2003; van de Pol & Elbers, 2013). In heterogenen Lerngruppen können vor allem physische (z. B. Gestaltung der Fachräume und Experimentiermaterialien) sowie kognitive (z. B.

Komplexität des Experimentierens) Barrieren unterschieden werden (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Daher sollten Experimente im inklusiven NW-Unterricht durch adaptive Lernunterstützungen begleitet werden (Blanchard et al., 2010; Kalyuga, 2013).

## 2.4 Gestufte digitale Lernhilfen für den inklusiven Naturwissenschaftsunterricht

Eine Möglichkeit adaptiver Lernunterstützung während des inklusiven Experimentierens im NW-Unterricht stellen gL dar. Diese sind zweistufig in einer Abfolge von Hinweisen und (Teil-)Lösungen (Leisen, 1999, 2003) und können während des Experimentierens an den Teilschritten der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung orientiert sein (Mayer, 2018). Für jeden Teilschritt dienen die Hinweise durch inhaltliche oder lernstrategische Impulse zunächst der Hinführung zur (Teil-)Lösung, indem sie zur eigenständigen Erarbeitung der Teilaufgabenstellung anregen. Die nachfolgend dargebotene (Teil-)Lösung dient der Rückversicherung der eigenständig erarbeiteten Lösung. Auf diese Weise gewährleistet die Nutzung von gL das schrittweise Durchlaufen des Experiments ohne instruktionale Experimentieranleitung (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel, 2010). Der adaptive Charakter dieser Lernunterstützung wird durch die Möglichkeit der bedarfsgerechten Nutzung der gL evident (Schmidt-Weigand, Hänze & Wodzinski, 2009). Da der Grad der Komplexität von Aufgaben individuell durch die Verwendung der Unterstützung angepasst werden kann, können sie zudem leistungsschwache wie leistungsstarke Schüler:innen unterstützen (Großmann & Wilde, 2019; Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008; Stiller & Wilde, 2021).

Die Lernwirksamkeit der Nutzung analoger gL im NW-Unterricht wurde in empirischen Studien bereits nachgewiesen. Es zeigten sich positive Einflüsse auf den prozeduralen und konzeptionellen Wissenserwerb (Großmann & Wilde, 2019; Mustafa, Ioannidis, Ferreira González, Dabrowski & Großschedl, 2021; Stiller & Wilde, 2021) sowie auf das wissenschaftliche Denken (Arnold, Kremer & Mayer, 2017). Ferner wurde ihrer Verwendung in verschiedenen Kontexten des NW-Unterrichts eine motivationsförderliche Wirkung nachgewiesen (Schmidt-Borcherding, Hänze, Wodzinski & Rincke, 2013 zur intrinsischen Motivation im Physikunterricht; Kleinert, Besa & Wilde, 2022 zur selbstgerichteten intrinsischen Motivation und zum Kompetenzerleben beim biologischen Experiment). Untersuchungen, die das *rezeptartige* und vollständig strukturierte Experimentieren der Verwendung von gL im NW-Unterricht gegenüberstellten, zeigten gegensätzliche Befunde auf. Hierbei wurden hinsichtlich motivationaler Variablen Vorteile für die mit einer Anleitung experimentierenden Lernenden ersichtlich (Stiller & Wilde, 2023).

Diese Befundlage deutet darauf hin, dass weitere Differenzierungsmöglichkeiten innerhalb der gL erforderlich sein könnten, um den auftretenden Schwierigkeiten während des Experimentierprozesses in heterogenen Lerngruppen zu begegnen. In diesem Zusammenhang könnten digitale Lernelemente weitere binnendifferenzie-

rende Optionen durch verschiedene Lernzugänge ermöglichen. Im Sinne des inklusiven NW-Unterrichts wurden daher vermehrt gdL zur Unterstützung des Experimentierprozesses entwickelt und implementiert (Fleischer et al., 2023a, 2023b; Kleinert, Haunhorst, Bekel-Kastrup, Hamers & Wilde, 2022b; Löser et al., 2023). Fleischer et al. (2023b) konnten hierbei der Nutzung von gdL im Chemieunterricht motivationsförderliche Effekte während des Experimentierens nachweisen. Im Bereich des inklusiven NW-Unterrichts zeigt sich der Trend, dass digitale Unterrichtssettings leicht besser abschneiden als analoge (Fränkel & Schroeder, 2023). Studien wie die von Kieserling und Melle (2019) betonen zudem die Vorteile digitaler Hilfsmittel im NW-Unterricht für Schüler:innen mit niedrigeren kognitiven Fähigkeiten. GL bieten hierbei Schüler:innen wie Lehrkräften diagnostische Potenziale. Eine Selbstdiagnose für Lernende wird dabei durch die Hinweise und Lösungen der gL gewährleistet. Lehrkräfte können über Rückmeldungen zur Nutzungsweise der gL durch die Schüler:innen diagnostische Erkenntnisse erhalten (Arnold et al., 2017). GdL können daher eine geeignete Inklusionsdidaktische Unterstützung sein, um Schüler:innen bei den komplexen Lernherausforderungen des eigenständigen Experimentierens zu unterstützen.

### 3. DiLernProfis: Methodisches Vorgehen

Das BMBF Verbundprojekt DiLernProfis verfolgt die Absicht, eine App sowie ein zertifiziertes Fortbildungskonzept für den inklusiven NW-Unterricht zu entwickeln. Ziel ist es, übergreifend Praxen und Gelingensbedingungen zur Verknüpfung von Diagnostik und Förderung im NW-Unterricht zu eruieren und diese in Verbindung mit einer Professionalisierungsmaßnahme für Lehrkräfte zu setzen. Hierzu durchliefen zwei Kohorten von Lehrkräften (zumeist als Tandems aus Fach- und sonderpädagogischer Lehrkraft einer Schule) jeweils eine mehrmonatige Fortbildung. Im Sinne eines „Nacherfindens“ (Kussau, 2007) erlernten sie dort die Erstellung von gdL in der App, indem zunächst vorgefertigte und anschließend selbst erstellte Lernhilfen in ihren Klassen erprobt wurden. Ziel war es, die Lehrkräfte zu befähigen, gdL mit dem Anspruch einer lernprozessbegleitenden Diagnostik entwickeln und anwenden zu können und dabei die Expertisen von allgemeinen und sonderpädagogischen Lehrkräften in einen fruchtbaren Austausch zu bringen. Um diese Prozesse wissenschaftlich zu begleiten und zu untersuchen, wurden die Fortbildung und der App-Einsatz im Unterricht mittels qualitativer Interviews mit Lehrkräften und Schüler:innen, ethnografischer Unterrichtsbeobachtungen und standardisierter Erhebungen von Lernerfolgen und Motivationslagen der Schüler:innen analysiert.<sup>2</sup>

Der Feldzugang gestaltete sich als herausfordernd. Die Anfrage an Schulen verlief während der Corona-Pandemie im Herbst und Winter 2021, sodass viele Schulen mit der regulären Unterrichtsorganisation bereits ausgelastet waren. Insgesamt konnten daher zunächst weniger Schulklassen als geplant gewonnen werden. Zusätzlich

<sup>2</sup> Eine ausführliche Beschreibung der Projektanlage und des methodischen Vorgehens finden sich bei Löser et al. (2023).

erschwert wurde die Akquise durch den hohen Aufwand für Lehrkräfte hinsichtlich der Einarbeitung in die gdL sowie die Einbindung der vorgefertigten Lernhilfe in den Unterricht. Während der Projektdurchführung zeigte sich der Anspruch, eine eigene adaptive und für die Lehrer:innen selbst gestaltbare Lern-App zu entwickeln, als technisch zu aufwendig bzw. finanziell nicht umsetzbar. Zusätzlich wurde seitens der Lehrkräfte der Wunsch geäußert, anstelle einer neuen App bereits bekannte Anwendungen zu nutzen. Es wurde daher auf eine bereits bestehende Lernmanagementplattform zurückgegriffen, welche die entsprechenden Funktionen bereithielt und im Unterricht als Web-App-Format genutzt werden konnte. Diese ermöglichte vielfältige digitale Darstellungsformate (Text, Audio, Video, Lernstandsrückmeldungen etc.) (Gamage, Ayres & Behrend, 2022), die dem Anliegen des Projekts entsprachen und deren Potenziale in der Weiterentwicklung der App untersucht werden sollten.

In den ethnografischen Beobachtungen konnte die geringere Fallzahl an teilnehmenden Schulen bzw. an Lehrkräften und Sonderpädagog:innen durch die Anwesenheit zusätzlicher Forscher:innen im Feld kompensiert werden. Dies erlaubte die Beobachtung vielfältiger Interaktionen innerhalb der Unterrichtsstunden. Um die Aussagekraft der Lehrkräfteinterviews zu erhöhen, wurden verstärkt auch ethnografische Gespräche in die Analyse einbezogen. Für die quantitativen Analysen erwies sich die Stichprobe als zu klein, um aussagekräftige Ergebnisse zu gewinnen. Daher wurden alternative Wege der Datenerhebung genutzt. An den qualitativen Erhebungen nahmen insgesamt 7 Schulklassen der Jahrgänge 5 und 7 an IGS teil. Bei den quantitativen Erhebungen waren es 10 Klassen der Jahrgänge 5 bis 9 an IGS und Gymnasien.

### 3.1 Motivation, Kompetenzerleben und Wissen

Die Befunde der multivariaten Kovarianzanalysen legen nahe, dass die Nutzung von gdL mit positiven Effekten auf lernrelevante affektiv-motivationale Variablen der Schüler:innen einhergeht. In Bezug auf das wahrgenommene *Kompetenzerleben* während der verschiedenen Experimentierphasen (Planung, Durchführung und Auswertung; Damerau, 2012) zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede im Vergleich der Untersuchungsgruppen. Hierbei berichteten die Schüler:innen ( $N = 140$ ) der Experimentalgruppe eine höhere Kompetenzwahrnehmung während des Experimentierens (Kleinert, Hülsmann, Offermann & Wilde, eingereicht). In Zusammenhang mit der Untersuchung der intrinsischen Motivation der Lernenden (Wilde, Bätz, Koyaleva & Urhahne, 2009) konnten keine statistisch signifikanten, jedoch deutliche deskriptive Unterschiede zugunsten der Experimentalgruppe hinsichtlich ihres *Interesses/Vergnügens* festgestellt werden. Es wurden dennoch signifikant positive Effekte der Lernhilfenutzung auf die Verminderung von *Druck- und Anspannungsgefühlen* der Schüler:innen (als negativer Prädiktor der intrinsischen Motivation) ersichtlich (Kleinert et al., eingereicht). Ferner wurden signifikante Unterschiede hinsichtlich des berichteten *situationsspezifischen Interesses* der Lernenden ( $N = 152$ ) während

des Experimentierens evident. Werden die verschiedenen Komponenten des Interesses betrachtet, zeigten sich positive Effekte der Nutzung von gdL auf die *kognitive Dimension des Interesses*. Hierbei wurde deutlich, dass die Schüler:innen der Experimentalgruppe höhere Zustimmungswerte hinsichtlich der *kognitiven Interessenskomponente* berichteten (Kleinert, Offermann & Wilde, i. V.).

Mittels mixed-ANOVAs mit Messwiederholung wurden zudem der *Wissenserwerb* der Lernenden ( $N = 150$ ) innerhalb der Unterrichtseinheit zu Überwintungsstrategien sowie mögliche Unterschiede im Vergleich der Untersuchungsgruppen geprüft. Die statistischen Analysen legen hierbei einen signifikanten Erwerb von *konzeptuellem sowie prozeduralem Wissen* von Prä- zu Posttest dar. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Lernenden der Experimental- und Kontrollgruppe konnten jedoch nicht gefunden werden. Auffällig ist dabei, dass sich positive Auswirkungen auf die Lernwirksamkeit erst für Schüler:innen ab der Jahrgangsstufen 9 zeigten. Zusammenfassend zeigen die quantitativen Fragebogenstudien somit insbesondere Effekte der Nutzung von gdL hinsichtlich unterschiedlicher motivationaler Erlebensqualitäten.

### 3.2 Unterrichtspraktiken mit den gestuften digitalen Lernhilfen

Die beobachteten Unterrichtsstunden unterschieden sich vor allem hinsichtlich der Anzahl verfügbarer Tablets. Im ersten Durchlauf (Fall 1–4) wurde das Experiment in Kleingruppen durchgeführt, in denen jeweils ein Tablet zur Verfügung stand. Die Aufgabebearbeitung fand auf einem Arbeitsblatt statt, die gdL wurde als optionales Hilfsmittel gerahmt. Im zweiten Durchlauf (Fall 5–7) hatten alle Schüler:innen ein individuelles Tablet, die Aufgabebearbeitung fand in der App statt. Die Beobachtungen fokussierten die Praktiken mit und um die gdL und berücksichtigten dabei auch die jeweiligen Rahmenbedingungen. Dies erlaubte auch Rückschlüsse auf didaktische Konsequenzen des App-Einsatzes und damit Erkenntnisse hinsichtlich der Weiterentwicklung von App und Fortbildung mit Blick auf eine lernbegleitende Diagnostik.

#### 3.2.1 Komplexe materielle Arrangements

In der unterrichtlichen Praxis erwiesen sich schon die schulbedingten infrastrukturellen Gegebenheiten, besonders unzuverlässiges oder nicht zugängliches WLAN, als herausfordernd. In Fall 3 tritt etwa unerwartet das Problem auf, dass Aufgaben aufgrund fehlender Internetverbindung über den WLAN-Gastzugang nicht geladen werden. Als die Lernhilfe nicht zur Verfügung steht, versucht die Lehrkraft das Problem spontan zu lösen, indem sie die Zugangsdaten für das schuleigene WLAN herausucht. Dies geschieht unter Zeitdruck und die Zugangsdaten werden nicht gefunden. Die Lehrkraft entscheidet sich stattdessen, den Unterricht ohne die gdL fortzuführen. Unsichere Rahmenbedingungen für den erfolgreichen Einsatz von

Lern-Apps führen unweigerlich dazu, dass auf sichere Varianten zurückgegriffen wird, um den Unterrichtsfluss zu gewährleisten.

„Marie<sup>3</sup> hat sich gleichzeitig auch etwas auf dem Tablet angeschaut und es dabei versehentlich ausgeschaltet. Nadine und Fatma helfen ihr und machen es wieder an“ (Beobachtungsprotokoll (BP), Fall 1).

„Magda und Asja drehen sich zu Herrn Westing um und fragen, wo sie die Lösung aufschreiben sollen. [...] Ich bemerke, dass dieselbe Frage an mehreren Stellen aufkommt. Frau Schneider tritt heran und zeigt, wie in der App ein Textfeld geöffnet werden kann“ (BP, Fall 5).

Technische Probleme traten in den verschiedenen Fällen in unterschiedlicher Weise auf. Im ersten Beispiel gab es pro Schüler:innengruppe ein Tablet und die App diente lediglich als Unterstützung. Das Tablet wurde bei technischen Problemen beiseitegelegt oder das Problem konnte durch andere Gruppenmitglieder gelöst werden. In Kontrast dazu wurde der Umgang mit technischen Problemen besonders virulent, als alle Schüler:innen ein Tablet hatten. Dies hatte zur Folge, dass sich derartige Probleme, wenn sie auftraten, häuften und individuelle Lernprozesse behinderten. Lehrkräfte mussten in diesen Situationen ihr Handeln vermehrt auf die Problemlösung ausrichten.

Im Rahmen der ohnehin schon komplexen Experimentiersituation bedarf es zusätzlich zu den ansonsten vorhandenen Regulierungspraktiken zum Umgang mit den Experimentierartefakten weiterer Ansprachen zum Einsatz der Tablets. Die Lehrkräfte markieren das Tablet als vulnerabel und betonen dies besonders im Zusammenhang mit potenziell gefährlichen Materialien des Experimentierens:

„Frau Kügler sagt dann, dass die Tablets beim Experimentieren sicher weggelegt werden sollen, aber so, dass sie noch jederzeit benutzt werden können“ (BP, Fall 2).

Die Schüler:innen werden zu besonderer Vorsicht aufgefordert, gleichzeitig wird eine Strategie zur Vermeidung von Schäden am Tablet etabliert. Dies führt jedoch in den beobachteten Stunden immer wieder dazu, dass das Tablet aus dem Prozess des Experimentierens ausgeschlossen wird. Der Tablet-Einsatz im Rahmen von Experimenten mit Wasser oder anderen Substanzen bedarf demnach einer sinnvollen Überlegung zum Einsatz, welche die Vulnerabilität berücksichtigt, aber die App zur Hilfe oder Aufgabenbearbeitung nicht ausschließt.

Neben der Vulnerabilität des Tablets erwies sich dabei auch die materielle Komplexität des Experiments als herausfordernd, wenn etwa auch in Situationen ohne Gefährdungspotenzial für das Tablet dieses nicht zum Einsatz kam:

„Sophie schaut sich dann im Raum um und sieht, dass mehrere Schüler:innen vorne bei Frau Kügler und dem Materialtisch stehen. Sie steht auf und geht nach vorne. Frau Kügler fragt sie: ‚Was habt ihr für euer Experiment geplant?‘

---

3 Alle Klarnamen wurden pseudonymisiert.

Sophie antwortet kurz etwas und geht dann zurück zu ihrer Gruppe: ‚Wir sollen das Experiment planen!‘“ (BP, Fall 2).

Der Beginn des Experimentierens und der damit einhergehende Umgang mit vielfältigen Artefakten erweist sich für die Schüler:innen-Gruppe als herausfordernd, sodass das Tablet, das keinen Teil bekannter Experimentier-Routinen darstellt, auch dann nicht genutzt wird, wenn die Gruppe nicht weiß, was sie tun soll. Wie bei allen Lernmedien und Unterrichtssettings sind eine Einführung und Verstetigung notwendig. Im Fall 2 war sowohl das Experimentieren als auch der Einsatz von gdL noch nicht routiniert. Letzteres zeigte sich auch in den anderen Klassen, welches dann in Kombination mit der lediglich optionalen App häufig zu deren Nichtnutzung führte. Die eingeübte Routine bezieht sich ebenfalls auf das Handeln der Lehrkräfte bei der Vorbereitung der gdL und beim Beantworten von technischen Fragen zur App.

### 3.2.2 Schüler:innenpraktiken

Die Nutzung der App wurde verschiedentlich ausgehandelt. Auf die Einführung der App als Hilfsmittel reagierten die Schüler:innen in verschiedener Weise. Im ersten Durchlauf verstanden die Schüler:innen die gdL im intendierten Sinne als optionales Hilfsmittel: „Aber dann haben wir, weil meine Gruppe das halt eigentlich ziemlich gut konnte, die nicht so viel benutzt.“ (Interview Schüler:in (I\_S), Fall 1). Teilweise ging dies damit einher, dass das Tablet von der Aufgabenbearbeitung kategorisch ausgeschlossen wurde:

„Frau Geissler kommt dazu und stellt sich vor den Tisch. [...] ‚Wenn ihr eine Lösung habt, dann checkt die auf dem Tablet.‘ Sie legt das Tablet wieder vor die Schüler auf den Tisch ab. ‚Wir wollen lieber selber denken‘“ (BP, Fall 2).

Als Anschluss an die Markierung der App als Hilfsmittel verstehen die Schüler:innen diese App hier als ein Symbol von Unselbstständigkeit und ihre Nutzung als *potenziell stigmatisierend*. Dieser Nutzung setzen sie eine eigenständige und unabhängige Arbeitsweise, ein ‚selber Denken‘, entgegen. Verbal rechtfertigen sie auf diese Weise vor der Lehrkraft den Ausschluss des Tablets aus ihrem Arbeitsprozess, wodurch nicht nur die App, sondern das Tablet als Ganzes mit einem stigmatisierenden Potenzial belegt wird. Mit der obligatorischen Einbindung der gdL in das Arbeiten entfiel dieses Potenzial.

Im Rahmen der gemeinsamen Tabletnutzung in der Gruppe traten auffällige Interaktionsdynamiken zutage. Hier fiel zunächst die Etablierung *gruppeninterner Nutzungsregeln* für das Tablet und die App auf. In der Nutzung von Gruppentablets zeigte sich zudem ein exkludierendes Potenzial in Bezug auf einzelne Schüler:innen und im Zusammenhang mit unterschiedlichen Arbeitstempos.

„Liam und Lewis arbeiten gemeinsam an Aufgabe b). [...] Bilal ist unterdessen scheinbar von Aufgabe a) überfordert und wendet sich an [die Schulbegleitung] für eine Erklärung. Als ich wieder zu Lewis und Liam gucke, sehe ich,

dass sie bereits Aufgabe b) ausgefüllt haben und nun gemeinsam das [...] Tablet nutzen, um die Lösung abzugleichen“ (BP, Fall 2).

Da der Gruppe nur ein Tablet zur Verfügung steht, können nicht alle gleichzeitig entsprechend ihres aktuellen Arbeitsstandes und der daraus resultierenden Bedürfnisse nach Unterstützung auf die App zugreifen. In diesem Beispiel verfügen zwei Schüler über die App und können ihren Vorsprung in der Aufgabenbearbeitung weiter ausbauen. Der dritte Schüler greift in der Situation nun stattdessen in einer etablierten Hilfesuchbewegung auf die Unterstützung der Schulbegleitung zurück.

Ein Abweichen von Nutzungsregeln wurde gruppenintern ausgehandelt und zu meist abgestraft. Ein für richtig oder falsch erachtetes Nutzen der App wies dabei enge Bezüge zur Einführung der App als optionales Hilfsmittel auf, aber orientierte sich auch maßgeblich am gemeinsamen Arbeitsstand der Gruppe.

„Ella: ‚Okay, wir machen jetzt die Aufgabe.‘ Marie erwidert: ‚Ja, dann schauen wir uns den Hinweis an.‘ ‚Nein, ich mach gleich aus,‘ wirft Ella ein. Marie sagt, dass sie das nicht versteht. Ella fordert sie erneut auf, das Tablet auszumachen und fängt, an die Aufgabe zu erklären [...]“ (BP, Fall 2).

Der unabgesprochene Zugriff auf die App wird abgestraft. Dabei wird die Lernhilfe zeitweilig aus der Aufgabenbearbeitung ausgeschlossen, seine Funktion als optionale Hilfe, die ein selbstständiges Arbeiten nicht ersetzt, wird durch die Regelmarkierung betont.

Die Gruppenarbeit ermöglichte außerdem das Zurückgreifen auf bereits etablierte und schnelle Unterstützungswege des Peer-Supports, wie es auch in einem Interview genannt wurde:

„Also meistens arbeiten wir ja in einer Gruppe zusammen, und da fällt das meistens leicht, weil wir uns ja immer gegenseitig austauschen können“ (I\_S, Fall 1).

Das Nachfragen in der Gruppe erwies sich als einfacher als die App-Nutzung. So wick die Aushandlung unter den Schüler:innen über die angemessene Nutzung teilweise vom intendierten Nutzen der App – als individuelle Hilfestellung – ab.

Die App ermöglichte es einzelnen Schüler:innen, durch das Abschreiben von Lösungen wieder in die gemeinsame Gruppenarbeit einzusteigen:

„Bilal hatte noch keine Lösung notiert und schreibt sie nun vom Tablet ab. Liam und Lewis unterhalten sich unterdessen mit [der Schulbegleitung] über den exakten Lösungsweg von Aufgabe c)“ (BP, Fall 2).

Die Hilfsangebote der App ermöglichen es dem Schüler hier, selbstständig zu entscheiden, wie er die Aufgabe bearbeitet. Hier ist ein Abwägen zwischen dem vollständigen, selbstständigen Durchlaufen des Experiments und dem gemeinsamen Abschließen der Gesamtaufgabe in der Gruppe zu beobachten.

### 3.2.3 Neue Rollenfindungen

Der Einsatz der App als Unterstützungsmedium führte im Unterrichtsgeschehen zu neuen Rollen der Lehrkräfte. Als relevant erwies sich hier vor allem die Verantwortungsabgabe an die App. Grundsätzlich zeigte sich in allen Fällen ein beständiges Aufrufen der intendierten Handhabung der App durch die Lehrkräfte. Dabei wurde das Anbieten von Unterstützungen changierend zwischen Lehrkraft und App verhandelt. Im ersten Durchlauf wurden teilweise bestimmte Schüler:innen pro Gruppe als verantwortlich für die Tablets benannt:

„Herr Beetz erklärt: [...] Wenn die Schüler:innen mit dem Ausfüllen der Protokollbögen nicht weiterkommen, sollen sie die App nutzen, anstatt die Lehrer:innen anzusprechen. Nur wenn das nicht funktioniert, dürfen die Gruppensprecher:innen die Lehrer:innen ansprechen“ (BP, Fall 3).

Unter Aufrufen der App als primäres Hilfsmittel werden hier Hilfesuchbewegungen in Richtung der Lehrkraft zusätzlich reduziert. Dies macht gruppeninterne Koordinationsleistungen erforderlich, bei denen der Zugriff auf Unterstützung stets über ausgewählte Schüler:innen laufen soll. Es zeigten sich daraufhin bei Schwierigkeiten ein starker Fokus auf die App, aber auch Herausforderungen, etwa wenn Gruppensprecher:innen gerade nicht bei der Gruppe waren und daher Fragen nicht an die Lehrkraft weitertragen konnten. Unterstützungssuchen bei den Lehrkräften machten dabei immer wieder ein erneutes Aufrufen der App als primäres Hilfsmittel notwendig:

„Mehrere Schüler:innen treten mit Fragen an Markus Beetz heran. Dieser beantwortet diese teilweise, sagt dann aber: ‚Wie wäre es, wenn ihr die gestuften Lernhilfen benutzt?‘“ (BP, Fall 3).

Hier zeigt sich ein Zurückfallen der Lehrkraft in gewohnte Rollenverhältnisse, indem sie Fragen individuell beantwortet. Ein solches Verhalten ließ sich in allen Fällen beobachten. Das Aufrufen des intendierten Nutzens der App beinhaltete dabei zudem auch immer wieder, dass die Hinweise nur dann genutzt werden sollten, wenn die Schüler:innen selbstständig nicht weiterkamen. Eine veränderte Lehrkräfterolle tritt hier auch zutage, wenn aufgrund fehlender technischer Kenntnisse die Schüler:innen mit der App nicht selbstständig weiterarbeiten können. Unterstützungen bewegen sich dann maßgeblich auf technischer anstatt auf fachlicher Ebene. Ließen sich in den Unterrichtsphasen der Arbeit mit der App zwar immer wieder auch gewohnte Unterstützungsbewegungen beobachten, bei denen die Lehrkräfte, meist individuell, inhaltliche Fragen beantworteten, so erwies sich zumeist die App als primäres Hilfsmittel.

Auch in den Tandeminterviews wird die Verantwortungsabgabe an die digitalen Medien thematisiert. Diese bezieht sich auf die Frage, wie die gdL konkret genutzt werden und was dies mit dem eigenen Handeln als Lehrkraft macht. So wird einerseits die Befürchtung geäußert, dass die gdL genutzt werden um „ohne irgendwie größeres Nachdenken und Anstrengen sehr schnell zu der Lösung“ (Interview Lehr-

kraft (I\_L) 2 Erhebung 1) zu kommen. Darüber hinaus wird die Frage aufgeworfen, ob es zu Gewöhnungseffekten kommen könnte:

„Das ist ja aber gar nicht eigentlich der Sinn und Zweck von gestuften Hilfen, sondern, dass zum Beispiel die starken Schüler nur bei der Stufe eins verbleiben und der Rest dann keine Hilfe mehr also, dass die sich ja auch nicht an diese Hilfen immer gewöhnen, sondern es soll ja auch nur so wenig Hilfe wie nötig sein. Und das finde ich da eine Schwierigkeit, dass die sich immer durch alles durchklicken, immer eine Lösung haben, ja“ (I\_L 1, Erhebung 2).

Hieraus ergibt sich die Herausforderung für die Lehrkräfte, einen Umgang mit den gdL und damit verbunden ein verändertes Rollenverständnis zu finden:

Fr. Schulze: „Ja, [die Schüler:innen] haben dann einfach gemacht. Also teilweise sind sie auch in falsche Lösungswege eingestiegen.“

Fr. Schade: „Genau Fr. Schulze. Oder haben sich an uns gewendet. Und dann haben wir gesagt: Na ja, aber da habt ihr eure Hilfe“ (I\_L 2 Erhebung 1).

Dies erzeugt die Notwendigkeit zur eigenen Rollenklärung, ermöglicht aber auch neue Handlungsspielräume. So wird geäußert, dass durch die gdL Freiräume für kollegialen Austausch sowie Schüler:innenbeobachtung geschaffen wurde (I\_L 2, Erhebung 1). Insgesamt lässt sich konstatieren, dass es ein Wechselverhältnis zwischen der Abgabe von Kontrolle über die Lernsituation gibt, die im Gegenzug Handlungsfreiräume erzeugen kann. Die abnehmende Lehrer:innenzentrierung ermöglicht den Lehrkräften, individuelle Lernunterstützung zu geben, sofern die App den Schüler:innen bekannt ist und keine technischen Anfragen anfallen.

### 3.2.4 (Un-)genutzte diagnostische Potenziale

Die App wurde mit dem Ziel eingeführt, den Schüler:innen Selbsteinschätzungen und den Lehrkräften Lernstandserhebungen zu ermöglichen. Nutzen die Schüler:innen die angebotenen Hinweise und (Teil)Lösungen verschiedentlich (s.o.), so ließen sich die Potenziale der App für eine prozessorientierte Diagnostik nur in geringem Maße beobachten. Im ersten Durchlauf nutzten die Schüler:innen das Tablet gemeinsam, sodass eine individuelle Lernprozessdiagnostik nicht möglich war.

Die vorgefertigten Lernhilfen wurden von den Lehrkräften kritisch gesehen, da sie bezweifelten, inwieweit diese sich mit den individuellen Bedarfen in den Klassen decken. Darüber hinaus wurde breiter diskutiert, wie mit dem Spannungsverhältnis von der Notwendigkeit, einerseits möglichst große Binnendifferenzierung zu ermöglichen und andererseits die Überfrachtung der App zu vermeiden, umgegangen werden soll. So wurden in der vorbereiteten evaluierten Lernhilfe Fertigkeiten vorausgesetzt, welche nicht einheitlich vorlagen und von den Lehrkräften adaptiv eingeholt werden mussten, wie eine Lehrkraft im Interview berichtet:

„Also ich hatte nachher eine Gruppe hier [...]. Also da war das so, die hatten halt ganz große Probleme, die Thermometer abzulesen. Das ging halt gar

nicht. Und das war natürlich in der App auch nicht erklärt, wie man Thermometer liest, also die Skalen liest. [...]Und dann habe ich sozusagen einen Lernschritt mit denen gemeinsam gemacht. Und dann habe ich sie wieder sozusagen in, an die App rangeführt. Damit sie dann wieder damit arbeiten“ (I\_L 2, Erhebung 1).

Um der Heterogenität der Lernenden in angemessener Weise Rechnung zu tragen, bedürfte es einer intensiveren vorbereiteten Einbettung der App in den Unterricht. Dies beinhaltet aus der Wahrnehmung der Lehrer:innen zudem eine breitere Palette von Unterstützungs- und Auswahlmöglichkeiten, wie z. B. die Einbindung von Videos, variierende Schriftgrößen und Erläuterungen auf verschiedenen sprachlichen Niveaus. Dabei erscheint es wichtig, die Komplexität nicht unnötig zu erhöhen und die Übersichtlichkeit zu bewahren. Für die weitere Ausarbeitung der gDL wird beispielsweise folgende Idee geäußert:

„Na, ich glaube, ich würde die halt nochmal so ein bisschen versuchen in der Komplexität an einigen Stellen zu öffnen, aber es muss eben in so einem Rahmen bleiben. Und eben wirklich mehr zwischen Schrift und Bild auch nochmal, also mehr Bildunterstützung mit rein. Ein bisschen klarer von der Strukturierung“ (I\_L 2 Erhebung 1).

Die veränderte Lehrkräfterolle ermöglichte es ihnen, sich durch den Raum zu bewegen und einzelne Schüler:innen zu unterstützen. Dabei bezweifelten die Lehrkräfte auch bei den selbsterstellten Lernhilfen deren Eignung hinsichtlich der Heterogenität ihrer Lerngruppen. Für die Erstellung geeigneter gDL bedarf es bereits diagnostischen Vorwissens über die Lernstände der Schüler:innen, Wissen über die Erstellung von anschlussfähigen Lernhilfen und das technische Wissen zur Umsetzung in der App. Die App selbst stellt nur das Layout zur Verfügung, und die Lehrkräfte müssen die inhaltliche Umsetzung selbst vornehmen.

In Fall 5 nutzte die Klassenlehrkraft die Möglichkeit der App, den Fortschritt der Schüler:innen in verschiedenen Sortierungen aufzurufen, um diese in Form eines Rankings der Klassenöffentlichkeit aufzuzeigen.

Über das Tablet von Frau Schneider ist am Smartboard die Bewertungsansicht aufgerufen. Diese sind nach Gesamtpunkten der Schüler:innen sortiert. Frau Schneider schaut sich die Ansicht auf dem Smartboard an. Zur Klasse sagt sie: „Seht ihr? Martin hat die meisten Punkte! Knapp dahinter ist Felis!“ (BP, Fall 5).

Die Funktion, die es der Lehrkraft ermöglichen soll, individuelle und klassenweite Lernfortschritte und -schwierigkeiten einzuschätzen, wird hier in seiner Funktion erweitert, indem die Erkenntnisse nicht der Lehrkraft vorbehalten bleiben, sondern zusätzlich den Schüler:innen für eine Selbsteinschätzung zur Verfügung gestellt werden. Dies geschieht über den Vergleichshorizont der Lernfortschritte der restlichen Klasse.

#### 4. Schluss

Die dargestellten Analysen erlauben Erkenntnisse hinsichtlich der Weiterentwicklung der Projekt-App<sup>4</sup> sowie -fortbildung.<sup>5</sup> Es zeigt sich, dass die gdL motivationsförderliche Auswirkungen auf das Lernen im inklusiven NW-Unterricht haben. Ein positiver Einfluss auf die Lernwirksamkeit, die bereits analogen gL nachgewiesen wurde (Großmann & Wilde, 2019; Kleinert, Isaak, Textor & Wilde, 2021; Stiller & Wilde, 2021), zeigt sich hier erst ab der Jahrgangsstufe 9.

Die qualitativen Untersuchungen identifizierten mögliche Herausforderungen beim Einsatz digitaler Medien in inklusiven Settings sowie bei der Gestaltung von entsprechenden Fortbildungen. Hinsichtlich der App-Gestaltung ist es ein zentraler Anspruch, den *vielfältigen Heterogenitätsdimensionen* verschiedenster Lerngruppen gerecht zu werden. Die Lehrkräfte benötigen die Möglichkeit, bei der Gestaltung von gdL die individuellen Lernausgangslagen ihrer Schüler:innen zu berücksichtigen. Digitale Lernunterstützungen müssen dabei allerdings ein *Gleichgewicht von Komplexität und Handhabbarkeit* anstreben, in dem die Möglichkeiten einer App nicht zu einer Überforderung der Lehrkräfte führen. Dabei erwies es sich als vorteilhaft, an für Lehrkräfte sowie Schüler:innen *bereits bekannte Formate* anzuknüpfen. Die Entwicklung einer völlig neuen App zeigte sich im Projekt auf mehreren Ebenen als nicht anschlussfähig.

Der unterrichtliche Einsatz der App ermöglicht Schüler:innen ein selbstständiges Arbeiten, sodass sich die *Rolle der Lehrkraft* verändert. Dies erfordert die *Einübung von Routinen*. Sind Schüler:innen nicht in der Lage, selbstständig und individuell mit der App zu arbeiten, müssen Lehrkräfte (und auch Mitschüler:innen) beständig für Hilfestellungen bereitstehen und der Zweck der Lernhilfe wird verfehlt. Das verdeutlichen besonders die beobachteten Fälle, in denen nur Gruppensprecher:innen Fragen an die Lehrkräfte herantragen durften. Unterstrichen wird die Bedeutung von Routinen auch durch den positiven Einfluss der gdL auf die Lernwirksamkeit ab Jahrgang 9. Ein routinierterer Umgang mit Tablet und Experimentiermaterialien scheint die Effektivität der App zu erhöhen. Auch die *Vermeidung von Stigmatisierungen* erfordert die routinierte Einbindung der App in das Unterrichtsgeschehen. Im Projekt konnte dies durch klassenweite Tablet-Sätze sowie einen obligatorischen App-Einsatz erreicht werden. Auch über die Tablet-Ausstattung hinaus erfordert der unterrichtliche App-Einsatz eine verlässliche *technische Infrastruktur*. Im Projekt zeigte sich dies vor allem in Herausforderungen hinsichtlich nicht funktionierender WLAN-Verbindungen.

Anders als ursprünglich im Projekt angelegt, wurden die selbst gestalteten Apps nicht nur für das Experimentieren genutzt, sondern auch für das Wiederholen von bereits behandelten Unterrichtsinhalten, und gerade hierfür wurden sie von den Lehrkräften als hilfreich qualifiziert. Dies zeigt, dass das Anwendungsfeld insgesamt breiter gedacht werden und eine Fortbildung auch einen Reflexionsraum für unterschiedliche Einsatzszenarien darstellen sollte, sowohl mit Blick auf Unterrichtsgegen-

4 Hierzu näher Hülsmann et al., i.E.; Kleinert et al., eingereicht.

5 Eine Veröffentlichung ist in der Zeitschrift DiMawe geplant.

stände als auch auf Sozialformen (Einzelarbeit oder Gruppenarbeit mit dem Tablet) und die individuellen Lernbedarfe der Schüler:innen.

Erst die Überwindung der herausgestellten Hürden erlaubt den Einsatz der gdL für eine prozessorientierte Diagnostik. Die Vielfältigkeit der Angebote digitaler Medien ermöglicht es, auf verschiedenen Ebenen zu diagnostizieren. Dies erfordert jedoch umfassende digitale Kompetenzen der Lehrkräfte zur Erstellung der Lernhilfen. Die selbstständige Nutzung der Lernhilfen durch die Schüler:innen erlaubt es Lehrkräften, im Unterricht auf diagnostische Erkenntnisse zuzugreifen und adaptiv zu reagieren (etwa durch punktgenaue individuelle Unterstutzungen, Verlängerung von Arbeitsphasen, etc.). Dies ist aber erst dann möglich, wenn die Schüler:innen die App routiniert und selbstständig einsetzen und damit eine beständige Unterstützung auf technischer Ebene überflüssig wird. Dies zeigt sich vor allem, wenn der Einsatz diagnostischer Funktionen zumeist zugunsten von direkten Unterstützungsbewegungen ausbleibt, wie Unterrichtsbeobachtungen des Projekts deutlich machen. Bietet das digitale Format der Lernhilfe dabei die Möglichkeit, direkt auf diagnostische Informationen zuzugreifen, so ist dies abhängig von einer stabilen WLAN-Verbindung. Ein Abbruch der Verbindung seitens einzelner Schüler:innen-Geräte behindert den Fluss von Informationen aktueller Arbeitsstände. Ein Abbruch der Verbindung seitens der Lehrkraft unterbindet einen Zugriff auf entsprechende Informationen völlig.

Eine auf diesen Erkenntnissen aufbauende universitär fundierte Lehrkräftefortbildung (Golus, Heinrich, Lübeck & Otto, 2019) bedarf eines fortlaufenden Monitorings aus fachdidaktischer und schulpraktischer Perspektive, welche sich dann in eine kritisch-reflexive Fortbildungskonzeption übersetzt (Lau, Heinrich & Lübeck, 2019). Im Projekt spiegelt sich dies in einer *Community of Research* (CoR) des Forschungs- und Entwicklungs Zentrums *Inklusionssensible Lehrpersonen-Bildung*. Hier wird die Fortbildungskonzeption sowohl mit ausgewiesenen Akteur:innen der Fachdidaktik als auch mit Lehrpersonenforschenden der Versuchsschulen Oberstufen-Kolleg und Laborschule diskutiert (Bender, Kollect, Lambrecht & Heinrich, 2019; Heinrich et al., 2019; Urban et al., 2018). Die vorgestellten Befunde verweisen hier vor allem auf die (pädagogisch-)strukturellen und aktuell organisatorisch herausfordernden Rahmenbedingungen für einen inklusiven Einsatz von digitalen förderdiagnostischen Unterrichtsmedien, sie sensibilisieren somit zukünftige Lehrer:innenfortbildungen für diese Herausforderungen.

In den nächsten Jahren wird es von herausragender Bedeutung sein, die hier didaktisch hervorgehobenen Momente auch dann im Blick zu behalten, wenn sie in neuen Formen von zumeist KI-gestützten Tools hinter der nutzerfreundlichen Oberfläche zu verschwinden drohen. Während bei der hier untersuchten App-Nutzung diagnostische Elemente noch stark von der Lehrkraft eingebracht bzw. reflektiert werden müssen, verschwinden diese bei immer nutzerfreundlicheren Tools in der Logik der Programmierung bzw. der dahinter liegenden KI-Prompts, sodass hier ein Wandel der Lehrkräfterolle abzusehen ist. Dies wird zukünftig in vielen Fällen seitens der Lehrkräfte als Erleichterung empfunden werden – und wird dies bei gut durchdachten KI-Anwendungen auch sein. Eine kritische Mediennutzung wird damit aber immer schwieriger. Und auch die Lehrkräftefortbildung, die sich hierauf

spezialisiert und etwa Tools von Edu-Startups (vgl. bspw. *foBizz*) analysiert, wird Wege finden müssen, die KI-generierten Empfehlungen und Adaptionen zu rekonstruieren, um sie überhaupt wieder einer kritischen Reflexion zugänglich machen zu können. Die vorliegenden empirischen Studien können damit besonderen Mehrwert haben, da sie im Medium der noch wenig adaptiven und bedingt user-freundlichen Anwendung noch eben jene didaktischen Herausforderungen sichtbar werden lassen, die in Zukunft im Medium unsichtbar zu werden drohen.

## Literatur

- Abels, S. & Stinken-Rösner, L. (2022). „Diklusion“ im naturwissenschaftlichen Unterricht – Aktuelle Positionen und Routenplanung. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), *Edition Fachdidaktiken. Digitale NAWI-gation von Inklusion*. (S. 5–20). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_2)
- Arndt, A. K., Becker, J., Löser, J., Urban, M. & Werning, R. (2019). „Regelschüler“ und „Inklusionskinder“. Zur Frage nach leistungsbezogenen Differenzsetzungen in der inklusiven Sekundarstufe. In G. Ricken & S. Degenhardt (Hrsg.), *Perspektiven sonderpädagogischer Forschung. Vernetzung, Kooperation, sozialer Raum: Inklusion als Querschnittaufgabe* (S. 239–243). Klinkhardt.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. Eine empirische Untersuchung zur Wirksamkeit von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Bender, S., Kolleck, N., Lambrecht, M. & Heinrich, M. (2019). Kulturelle Bildungsnetzwerke in ländlichen Räumen. Das Verbundprojekt „Passungsverhältnisse Kultureller Bildungsnetzwerke und Kultur(en) in ländlichen Räumen im Kontext sozialer Teilhabe“ (PaKKT). *WE\_OS Jahrbuch – Jahrbuch der Wissenschaftlichen Einrichtung Oberstufen-Kolleg*, 2(1), 65–81. [https://doi.org/10.4119/we\\_os-3187](https://doi.org/10.4119/we_os-3187)
- Blanchard, M., Southerland, S. H., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instructions. *Science Education*, 94(4), 577–616. <https://doi.org/10.1002/sc.20390>
- Bosse, I. (2020). Diskussionsfelder der Medienpädagogik. Medien und Inklusion. In U. Sander, F. von Gross & K.-U. Hugger (Hrsg.), *Handbuch Medienpädagogik* (S. 1–12). Springer Fachmedien. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-25090-4\\_86-2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-25090-4_86-2)
- Damerau, K. (2012). *Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor – Fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im BeLL Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie)*. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal.
- 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, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 137–171). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18323>
- Fleischer, T., Deibl, I., Moser, S., Strahl, A., Maier, S. & Zumbach, J. (2023a). Mobile Eye Tracking during Experimenting with Digital Scaffolding – Gaze Shifts between Augmented Reality and Experiment during Zinc Iodide Electrolysis Set-Up. *Education Sciences*, 13(2), 170. <https://doi.org/10.3390/educsci13020170>
- Fleischer, T., Moser, S., Deibl, I., Strahl, A., Maier, S. & Zumbach, J. (2023b). Digital Sequential Scaffolding during Experimentation in Chemistry Education – Scrutinizing Influences

- ces and Effects on Learning. *Education Sciences*, 13(8), 811. <https://doi.org/10.3390/educsci13080811>
- Gamage, S. H. P. W., Ayres, J. R. & Behrend, M. B. (2022). A systematic review on trends in using Moodle for teaching and learning. *International Journal of STEM Education*, 9, 9. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00323-x>
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9>
- Goltz, J. & Schilling, N. (2024). Der Einfluss von Tablets auf Differenzordnungen im Biologieunterricht. Naturwissenschaftliche Experimente in heterogenen Lerngruppen. In K. Rabenstein, C. Bräuer, D. Hülsmann, S. Mummelthey & S. Strauß (Hrsg.), *Differenzkonstruktionen in fachunterrichtlichen Kontexten. Forschungsansätze und Erträge zu Differenz(de)konstruktion aus Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft und Diversitätsforschung* (S. 240–259). Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/6076-14>
- Golus, K., Heinrich, M., Lübeck, A. & Otto, J. (2019). Der Beitrag der Universitäten zur Lehrerfortbildung. Forschende Grundhaltung und Fallarbeit als mögliche Professionalisierungsbeiträge in einer phasenübergreifenden Lehrerbildung – Konzepte, Fallanalysen, Beispiele. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Hrsg.), *Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (S. 221–254). wbv.
- Großmann, N. & Wilde, M. (2019). Experimentation in biology lessons: guided discovery through incremental scaffolds. *International Journal of Science Education*, 41(6), 759–781. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1579392>
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Individuelle Förderung durch innere Differenzierung. Ein Praxishandbuch für Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufe II* (S. 63–73). Beltz.
- Hasselhorn, M., Decristan, J. & Klieme, E. (2019). Individuelle Förderung. In O. Köller, M. Hasselhorn, F. W. Hesse, K. Maaz & J. Schrader (Hrsg.), *Das Bildungswesen in Deutschland. Bestand und Potenziale*. Klinkhardt.
- Heinrich, M., Blasse, N., Budde, J., Demmer, C., Gasterstädt, J., Lübeck, A., Rißler, G., Rohrmann, A., Urban, M., Weinbach, H. & Wolf, J. (2019). Professionalisierung durch Fallarbeit für die inklusive Schule. In G. Ricken & S. Degenhardt (Hrsg.), *Vernetzung, Kooperation, Sozialer Raum. Inklusion als Querschnittsaufgabe* (S. 159–181). Klinkhardt.
- Hilbert, M. (2015). Digital Divide(s). In P. H. Ang, R. Mansell & A. P. Hwa (Hrsg.), *The international encyclopedia of digital communication and society* (S. 1–7). Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118767771.wbiedcs012>
- Hülsmann, M., Offermann, M., Kleinert, S. I., Sperling, N. & Wilde, M. (i. E.). *Gestufte Lernhilfen beim Experimentieren im Biologieunterricht – Forscherkongress zum Thema ‚Thermoregulation bei Tieren‘*.
- Jörissen, B. (2011). „Medienbildung“ – Begriffsverständnisse und Reichweiten. *MedienPädagogik*, 20, 211–235. <https://doi.org/10.21240/mpaed/20/2011.09.20.X>
- Kalyuga, S. (2013). Enhancing transfer by learning generalized domain knowledge structures. *European Journal of Psychology of Education*, 28(4), 1477–1493. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0176-3>
- Kieserling, M. & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. *Chemistry Teacher International*, 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0024>
- Kleinert, S. I., Besa, K.-S. & Wilde, M. (2022). Der Einsatz gestufter Lernhilfen als Unterstützung für Lernende im Kontext des biologischen Experimentierens. Einfluss auf die Schüler\*innen-Motivation im Naturwissenschafts- und Mathematikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 26, 1–18. <https://doi.org/10.11576/ZDB-5205>
- Kleinert, S. I., Isaak, R., Textor, A. & Wilde, M. (2021). Die Nutzung gestufter Lernhilfen zur Unterstützung des Experimentierprozesses im Biologieunterricht – eine qualitative Studie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27, 59–71. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00126-1>

- Kleinert, S. I., Hülsmann, M., Offermann, M. & Wilde, M. (eingereicht). *Promoting Students' Experience of Competence and Intrinsic Motivation through Digital Incremental Scaffolds when Experimenting in Biology-Lessons*.
- Kleinert, S. I., Offermann, M. & Wilde, M. (in Vorbereitung). *Digital Incremental Scaffolds during Complex Experimentation in Biology Lessons – A Way of Promoting Students' Situational Interest?*
- KMK (2021, 9. Dezember). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. [https://www.kmk.org/file-admin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_12\\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf](https://www.kmk.org/file-admin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf)
- Kussau, J. (2007). Schulische Veränderung als Prozess des „Nacherfindens“. In J. Kussau & T. Brüsemeister (Hrsg.), *Governance, Schule und Politik* (S. 287–304). VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-90497-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-531-90497-9_8)
- Lau, R., Heinrich, M. & Lübeck, A. (2019). Professionalisierung in Spannungsfeldern von Inklusion durch Fortbildung. Transferaktivitäten zu einem Forschungsdesiderat. *WE\_OS Jahrbuch – Jahrbuch der Wissenschaftlichen Einrichtung Oberstufen-Kolleg*, 2(1), 82–99. [https://doi.org/10.4119/we\\_os-3188](https://doi.org/10.4119/we_os-3188)
- Leisen, J. (1999). *Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht DFU*. Varus.
- Leisen, J. (2003). *Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht DFU*. Varus. <https://doi.org/10.37307/j.2194-1823.2004.30.04>
- Lewis, A. & Norwich, B. (2005). *Special teaching for special children?*. Open University Press.
- Löser, J., Demmer, C., Goltz, J., Heinrich, M., Kleinert, S. I., Koisser, S., Schilling, N., Strebblow, L., Wilde, M. & Werning, R. (2023). Lernprozessbegleitende Diagnostik und Fachdidaktik – Gestufte digitale Lernhilfen als Professionalisierungskonzept für adaptiven Unterricht (DiLernProfis). *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenbildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, 5(1), 191–203. <https://doi.org/10.21248/qfi.126>
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16)
- Mayer, J. (2018). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56–61). Aulis Verlag.
- Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A. & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 800–803). Universität Regensburg.
- Mertens, C., Quenzer-Alfred, C., Kamin, A. M., Homrighausen, T., Niermeier, T. & Mays, D. (2022). Empirischer Forschungsstand zu digitalen Medien im Schulunterricht in inklusiven und sonderpädagogischen Kontexten. Eine systematische Übersichtsarbeit. *Empirische Sonderpädagogik*, 14(1), 26–46.
- Meyer, H. (2003). Zehn Merkmale guten Unterrichts. Empirische Befunde und didaktische Ratschläge. *Pädagogik*, 10, 36–43.
- Middendorf, W. (2022). Zu der KMK-Forderung nach digital gestützter Diagnostik und Lernförderung in Schule. <https://doi.org/10.25656/01:23907>
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Mustafa, M., Ioannidis, A., Ferreira González, L., Dabrowski, T. & Großschedl, J. (2021). Fostering learning with incremental scaffolds during chemical experimentation: A study on junior high school students working in peer-groups. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 29(2), 19–31. <https://doi.org/10.30722/IJIS-ME.29.02.002>

- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- OECD Centre for Educational Research and Innovation. (2005). *Formative Assessment. Improving Learning in Secondary Classrooms*. <https://doi.org/10.1787/9789264007413-en>
- Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1)
- Paus-Hasebrink, I. (2019). Teilhabe unter erschwerten Bedingungen – Mediensozialisation sozial benachteiligter Heranwachsender: Zur Langzeitstudie von 2005 bis 2017. In M. Brüggemann, S. Eder & A. Tillmann (Hrsg.), *Schriften zur Medienpädagogik: Bd. 55. Medienbildung für alle. Digitalisierung, Teilhabe, Vielfalt* (S. 117–130). kopaed. <https://doi.org/10.5771/9783845285061>
- Prenzel, A. (2016). Didaktische Diagnostik als Element alltäglicher Lehrarbeit – „Formatives Assessment“ im inklusiven Unterricht. In B. Amrhein (Hrsg.), *Diagnostik im Kontext inklusiver Bildung* (S. 49–64). Klinkhardt.
- Prenzel, A., Riegler, S. & Wannack, E. (2009). „Formative Assessment“ als Re-Impuls für pädagogischdidaktisches Handeln. In C. Röhner, C. Henrichwark & M. Hopf (Hrsg.), *Jahrbuch Grundschulforschung: Bd. 13. Europäisierung der Bildung. Konsequenzen und Herausforderungen für die Grundschulpädagogik* (1. Aufl., S. 253–257). VS Verlag für Sozialwissenschaften. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-91721-4\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-531-91721-4_38)
- Quenzer-Alfred, C., Mertens, C., Homrighausen, T., Kamin, A. M. & Mays, D. (2023). Systematisches Review des empirischen Forschungsstands zu digitalen Medien für SchülerInnen mit einem zusätzlichen oder einem sonderpädagogischen Förderbedarf unter Berücksichtigung inklusiver, integrativer und exkludierender Unterrichtsszenarien. In K. Scheiter & I. Gogolin (Hrsg.), *Bildung für eine digitale Zukunft* (Edition ZfE, Bd. 15, S. 125–158). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-37895-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-658-37895-0_6)
- Rabenstein, K., Idel, T. S. & Ricken, N. (2015). Zur Verschiebung von Leistung im individualisierten Unterricht. Empirische und theoretische Befunde zur schulischen Leitdifferenz. In J. Budde, N. Blasse, A. Bossen & G. Rißler (Hrsg.), *Edition Erziehungswissenschaft. Heterogenitätsforschung. Empirische und theoretische Perspektiven* (S. 241–258). Beltz Juventa.
- Rabenstein, K., Macgilchrist, F., Wagener-Böck, N. & Bock, A. (2022). Lernkultur im digitalen Wandel. Methodologische Weichenstellungen einer ethnographischen Fallstudie. In S. Münte-Goussar, C. Kuttner, C. Schätzle & Y. Kolesnykova (Hrsg.), *Praxistheoretische Perspektiven auf Schule in der Kultur der Digitalität* (Schule und Gesellschaft, Bd. 62. 1. Aufl., S. 179–196). Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-35566-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-658-35566-1_9)
- Rank, A., Büker, P., Miller, S. & Martschinke, S. (2023). Grundschullehramt zwischen Professionalität und De-Professionalisierung. Herausforderungen der Lehrkräftequalifizierung für eine hochwertige grundlegende Bildung in der Grundschule. *Erziehungswissenschaft*, 34(67), 11–21. <https://doi.org/10.25656/01:28290>
- Reckwitz, A. (2019). *Die Gesellschaft der Singularitäten: Zum Strukturwandel der Moderne*. Suhrkamp. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-21050-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-21050-2_2)
- Schaumburg, H. (2021). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien als Herausforderung für die Schulentwicklung. *Medienpädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 41, 134–166. <https://doi.org/10.21240/mpaed/41/2021.02.24.X>
- Schäfer, H. & Rittmeyer, C. (Hrsg.) (2021). *Handbuch inklusive Diagnostik*. Beltz.
- Schmidt-Borcherding, F., Hänze, M., Wodzinski, R. & Rincke, K. (2013). Inquiring scaffolds in laboratory tasks: An instance of a “worked Laboratory Guide Effect”? *European Journal of Psychology of Education*, 28, 1381–1395. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0171-8>
- Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G. & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? *Unterrichtswissenschaften*, 36(4), 365–384.

- Schmidt-Weigand, F., Hänze, M. & Wodzinski, R. (2009). Complex problem solving and worked examples. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 129–138. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.129>
- Schroeder, R., Blumberg, E., Kottmann, B., Miller, S. & Reh, A. (2021). Chancen des inklusionsorientierten Sachunterrichts für didaktisch-diagnostisches Handeln – Konzeptionelle und methodo-logisch-methodische Grundlagen eines forschungsbasierten Entwicklungsansatzes für die Lehrer\*innenbildung. *Qfl – Qualifizierung für Inklusion*, 3(2). <https://doi.org/10.21248/qfi.74>
- Schulz, L. (2021). Diklusive Schulentwicklung. *MedienPädagogik*, 41, 32–54. <https://doi.org/10.21240/mpaed/41/2021.02.03.X>
- Senkbeil, M., Drossel, K., Eickelmann, B. & Vennemann, M. (2019). Soziale Herkunft und computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 301–333). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18328>
- Stiller, C. & Wilde, M. (2021). Einfluss gestufter Lernhilfen als Unterstützungsmaßnahme beim Experimentieren auf den Lernerfolg im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(3), 743–763. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01017-4>
- Stiller, C. & Wilde, M. (2023). Full-Structured or Supported by Incremental Scaffolds? Effects on Perceived Competence and Motivation. *The Journal of Experimental Education*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/00220973.2023.2269128>
- Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. 4. Beiheft: Sonderpädagogische Förderung heute*. Beltz Juventa. <https://doi.org/10.3262/SZB2101161>
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *Research in Subject-Matter Teaching and Learning*, 3(3), 30–45.
- Thiersch, S. & Wolf, E. (2021). Schule zwischen Digitalisierung und Disziplinierung. Rekonstruktionen pädagogischer Generationsbeziehungen im digitalisierten Unterricht. *Bildung und Erziehung*, 74(1), 67–83. <https://doi.org/10.13109/buer.2021.74.1.67>
- Urban, M., Becker, J., Werning, R., Löser, J. M., Arndt, A. & Heinrich, M. (2018). Reflexion, Leistung & Inklusion. *WE\_OS Jahrbuch – Jahrbuch der Wissenschaftlichen Einrichtung Oberstufen-Kolleg*, 1(1), 84–105. [https://doi.org/10.4119/we\\_os-1109](https://doi.org/10.4119/we_os-1109)
- van de Pol, J. & Elbers, E. (2013). Scaffolding student learning: A micro-analysis of teacher – student interaction. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2(1), 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2012.12.001>
- Werning, R. (2020). Inklusive Didaktik – adaptiven Unterricht realisieren. *Schule inklusiv*, 8, 4–8.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45.