

## Sachbericht zum Verwendungsnachweis

ZE: Universität Bielefeld, Georg-August-Universität Göttingen, Leibniz-Universität Hannover

Förderkennzeichen: 01 NV2118

Vorhabenbezeichnung: Lernprozessbegleitende Diagnostik und Fachdidaktik – gestufte digitale  
Lernhilfen als Professionalisierungskonzept für adaptiven Unterricht (DiLernProfis)

Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2021 bis 30.09.2024

### **Teil II: Eingehende Darstellung**

## Teil II: Eingehende Darstellung

### 1. Einleitung

Inklusiver Schulunterricht macht eine Differenzierung von Lerninhalten im Sinne eines adaptiven Unterrichts unabdingbar (Bäuerlein et al., 2023; Walm et al., 2017; Werning & Arndt, 2017). Besonders deutlich wird dies in Lehr- und Lernsettings, die ohnehin mit großen Herausforderungen verbunden sind, wie etwa dem Naturwissenschaftsunterricht (Stinken-Rösner et al., 2023). Derartige Differenzierungen machen diagnostische Erkenntnisse hinsichtlich der individuellen Lernstände von Schüler\*innen im Lernprozess erforderlich, um den Lehrkräften eine entsprechende Planung, Durchführung und Reflexion des Unterrichts zu ermöglichen. Digitale Medien bieten in diesem Zusammenhang zahlreiche Potenziale (Schulz, 2021; Bosse, 2020; KMK, 2021, S. 5). Das Projekt DiLernProfis schloss hier an, indem es den Einsatz gestufter digitaler Lernhilfen im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht untersuchte. Im Projekt wurden zum einen ein App-Format für die Erstellung und den Einsatz gestufter digitaler Lernhilfen (gdL) für das Experimentieren im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht und zum anderen ein Fortbildungskonzept für Lehrkräfte für den Einsatz der App entwickelt. Der Einsatz der App wurde von qualitativen und quantitativen Erhebungen begleitet, deren Erkenntnisse zur Weiterentwicklung von App und Fortbildungskonzept eingesetzt wurden.

### 2. Theorie- und Forschungsstand

Schule als Institution des gemeinsamen Lernens erfordert die beständige (Weiter-)entwicklung und Anpassung von Lernangeboten. Dies gilt sowohl mit Blick auf die Lerngruppen als Ganzes als auch mit Blick auf die individuellen Schüler\*innen (Walm et al., 2017; Werning, 2020). Eine solche Differenzierung des Unterrichts erfordert diagnostische Erkenntnisse auf unterschiedlichen Ebenen. Der (inter-)nationale Diagnostikdiskurs unterscheidet zwischen zwei Formen diagnostischer Verfahren. Auf der einen Seite steht eine summative Diagnostik (Prenzel, 2016, S. 3), die üblicherweise zum Ende von Lernprozessen stattfindet - etwa in Form von Tests - und auf die Platzierung von Schüler\*innen abzielt. Hierzu zählen klassische, psychologisch orientierte diagnostische Testverfahren, die unter anderem die „Bereitstellung von Ressourcen“ legitimiert (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2014, S. 5) und damit unfreiwillig ein Ressourcen-Etikettierungs-Dilemma induziert (Werning & Lütjeklöse, 2016). Derartige Formen der Diagnostik können, besonders bei segregierenden Settings, mit Stigmatisierungsrisiken einhergehen (ebd.). Demgegenüber ist eine formative Diagnostik (Prenzel, 2016, S. 3) eng an Lernprozesse gebunden und zielt auf eine beständige Adaption von Lernangeboten ab (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2014, S. 5). Prenzel (2016, S. 49) spricht in diesem Zusammenhang von „didaktische[r] Diagnostik“. Eine inklusive Diagnostik umfasst beide Formen,

betont aber die besondere Bedeutung formativer Ansätze (Watkins, 2007, S. 47ff), indem diese die beständige Anpassung von Lehr- und Lernmethoden an die individuellen Bedarfe der Schüler\*innen ermöglicht.

Eine weiter gesteigerte Bedeutung erhält die differenzierte Adaption des Unterrichts in solchen Settings, die für die Schüler\*innen mit besonders großen Herausforderungen einhergehen. Hierzu zählt auch der Naturwissenschaftsunterricht. Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht den Schüler\*innen gesellschaftliche Teilhabe durch die Teilnahme an Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung (KMK 2005, S. 6). Stinken-Rösner et al. (2020, S. 35) stellen dabei die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten, das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte, das Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und das Lernen über die Naturwissenschaften als zentral heraus. Experimente sind ein zentrales naturwissenschaftliches Unterrichtssetting, stellen aber gleichzeitig einen komplexen Problemlöseprozess dar, welcher einer hypothetisch-deduktiven Erkenntnislogik folgt (Kleinert et al., 2022, S. 3). Bietet das Durchführen von Experimenten auch einen interessanten Lernanlass, welcher die Verbindung von natürlichen Phänomenen und theoretischer Beschreibung veranschaulicht, so ist die Unterrichtssituation eine umso herausfordernde: „das Gefährdungspotential in Experimentiersituationen, hoher Organisationsaufwand bezüglich des Bereitstellens von Material, hierarchisch aufgebaute Curricula und der Anspruch, fachliche Konzepte auf einem hohen Abstraktionsniveau zu verstehen“ (Abels, 2020, S. 23). Zusammengefasst stellen sich Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht als eine komplexe Lehr-Lern-Situation dar. Dadurch können sich vielfältige Barrieren für den Lernprozess ergeben (Stinken-Rösner et al., 2023, S. 155), welche gerade für heterogene Lerngruppen binnendifferenzierend zu beachten sind (Hänze et al., 2010).

Gestufte Lernhilfen (Leisen, 2003; 2010) stellen eine Möglichkeit für binnendifferenzierenden Unterricht dar (Hänze et al., 2010; Schmidt-Weigand et al., 2008). Sie bestehen aus zwei Stufen, wobei nach einem ersten Öffnen bzw. Anklicken ein Prompt erscheint, welcher die Lernenden kognitiv anregen und beispielsweise das Vorwissen aktivieren soll (Schmidt-Weigand et al., 2009). Dieser Prompt enthält zumeist lernstrategische oder inhaltliche Hinweise zur Aktivierung der Schüler\*innen (Franke-Braun et al., 2008). Nach einem weiteren Öffnen bzw. Anklicken wird den Lernenden eine (Teil-)Lösung präsentiert (Schmidt-Weigand et al., 2008). Diese können die Schüler\*innen verwenden, um die Teilaufgabe korrekt zu beenden, an der übergeordneten Aufgabe weiterzuarbeiten und auf diese Weise den Problemlöseprozess vollständig durchlaufen zu können (Franke-Braun et al., 2008). Die gestuften Lernhilfen unterteilen eine Aufgabe in mehrere Teilziele, was sich positiv auf die Selbstregulation und das Engagement von Schüler\*innen auswirken kann (Belland et al., 2013;

Zimmerman & Kitsantas, 1996). Leistungsschwächeren Schüler\*innen wird durch die Möglichkeit des Einsehens der Lösung ein selbstständiges Durchlaufen der Aufgaben ermöglicht (Großmann & Wilde, 2019; Schmidt-Weigand et al., 2008). Leistungsstärkere Schüler\*innen können ebenso einen Vorteil aus der Nutzung der gestuften Lernhilfen ziehen, indem sie ihre eigene Lösung mit der auf der Lernhilfe vorgegebenen Lösung abgleichen und damit ein Feedback erhalten (Schmidt-Weigand et al., 2008). Untersuchungen zur Auswirkung gestufter Lernhilfen auf verschiedene Zielkonstrukte im Biologie- bzw. Naturwissenschaftsunterricht sind rar. Einzelne Studien untersuchen die Wirksamkeit gestufter Lernhilfen auf den konzeptuellen und prozeduralen Wissenserwerb bzw. Lernerfolg von Schüler\*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Fleischer et al., 2023; Schmidt-Borcherding et al., 2013) sowie im Biologieunterricht (z.B. Arnold et al., 2017; Großmann & Wilde, 2019; Meier & Kastaun, 2021; Stiller & Wilde, 2021). Herausgestellt werden konnte, dass u.a. Schüler\*innen mit geringerem Vorwissen durch die Nutzung gestufter Lernhilfen beim Experimentieren hinsichtlich ihrer Lernleistung profitieren konnten. Dies hebt den binnendifferenzierenden Charakter der gestuften Lernhilfen hervor (Großmann & Wilde, 2019; Hänze et al., 2010). Stiller und Wilde (2021) leiten zudem aus den Befunden ihrer Studie ab, dass gestufte Lernhilfen beim Experimentieren „eine Maßnahme zur Unterstützung aller Lernenden unabhängig des Vorwissens“ (S.759) darstellen. Weitere Studien untersuchten den Einsatz gestufter Lernhilfen hinsichtlich motivationaler Variablen und stellten einen positiven Einfluss auf die intrinsische Motivation sowie Kompetenzwahrnehmung von Schüler\*innen heraus (Kleinert et al., 2022; Kleinert et al., eingereicht; Schmidt-Borcherding et al., 2013; Schmidt-Weigand et al., 2009). Begründet werden kann dieser Einfluss mit den Auswirkungen der gestuften Lernhilfen auf die psychologischen Grundbedürfnisse (Deci & Ryan, 1993; Ryan & Deci, 2017) nach Autonomie und Kompetenz (Hänze et al., 2010).

Aktuell liegen nur wenige Befunde zur Nutzung gestufter Lernhilfen beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht vor. Oft wurden in Studien auch Lösungsbeispiele (engl. *worked examples*) als eine andere Form der instruktionalen Lernunterstützung verwendet (Großmann & Wilde, 2019; Koenen et al., 2017; Schmidt-Weigand et al., 2009), die im Vergleich zu den gestuften Lernhilfen jedoch nicht das Potential einer Diagnosemöglichkeit besitzen (Arnold et al., 2017). Diese Diagnose kann durch die Schüler\*innen selbst als auch durch die Lernpersonen erfolgen. Während sie den Schüler\*innen durch die gestufte Darbietung der Hinweise zur Selbstdiagnose dienen können, ermöglichen sie Lehrpersonen Rückmeldungen zur Nutzungsweise der Hilfestellungen im Lernprozess (Arnold et al., 2017).

Die Einbindung digitaler Medien in den Unterricht bietet in diesem Zusammenhang umfassende Chancen, wird aber gleichzeitig zunehmend zu einer Voraussetzung für das schulische Lernen. Denn die fortschreitende Digitalisierung wird auf alle Gesellschaftsbereiche Einfluss nehmen (Reckwitz 2019,

S. 225) und auch die Anforderungsmaßstäbe von Bildung nachhaltig verändern (Jörissen, 2011, S. 227). Der Erwerb von digitalen Kompetenzen wird damit zu einem zunehmend bedeutenden Aspekt für die gesellschaftliche Teilhabe. Bereits jetzt zeigen Studienergebnisse einen Zusammenhang von digitalen Kompetenzen und sozialen Hintergründen. Die Hoffnung auf ‚besseren‘ Unterricht durch eine digitalisierte Schule wird somit die Gefahren von „digitale divides“ (Hilbert, 2015) mitberücksichtigen müssen, um keine neuen Ausschlüsse zu produzieren. Digitale Medien werden aufgrund ihrer neuen technischen Möglichkeiten bereits jetzt schon häufig als individuelles kompensatorisches Hilfsmittel im inklusiven Unterricht eingesetzt (Mertens et al., 2022). So ist der Einsatz von digitalen Medien ebenfalls im naturwissenschaftlichen Fachunterricht mit dem Ziel, guten Unterricht für alle Schüler\*innen anzubieten, naheliegend. Die Interventionsstudie von Kieserling und Melle (2019) vergleicht die Durchführung von Experimenten mit und ohne Tablets und kommt zu dem Ergebnis, dass vor allem kognitiv schwächer getestete Schüler\*innen von dem digitalen gestützten Unterricht in Bezug auf den Fachwissenszuwachs profitieren (Greitemann et al., 2021, S. 90). Das systematische Forschungsreview von Fränkel und Schroeder (2023), welches sich mit einem inklusiven digitalen Naturwissenschaftsunterricht befasst, fokussiert sich vor allem auf die Wirksamkeit der fachlichen und überfachlichen Lernleistungen. Die digitalen Unterrichtssettings schneiden leicht besser ab gegenüber den analogen.

Wurde der Einsatz digitaler Medien mit Blick auf sich verändernde Unterrichtspraktiken bereits vielfach untersucht (siehe etwa auch Müller et al., 2006; Bastian, 2017; Thiersch & Wolf, 2021; Herrle, Hoffmann & Proske, 2022), so fehlt es an Erkenntnissen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien für diagnostische Zwecke.

### 3. Projektkonzeption

Mit Blick auf die Bedeutung diagnostischer Erkenntnisse für die Planung, Durchführung und Reflexion adaptiven Unterrichtens (Arnold et al., 2014; Hasselhorn & Nagler, 2018; Helmke, 2016; Prengel, 2016) sowie hinsichtlich der Annahme, dass gestufte digitale Lernhilfen (Bekel-Kastrup et al., 2020; Hamers et al., 2020) eine hohe Anschlussfähigkeit an Vorwissen der SuS mit Vermeidung von Stigmatisierungsprozessen möglich ist, fokussierte DiLernprofis das naturwissenschaftliche Experiment im inklusiven Unterricht mit digitalen Medien auf mehreren Ebenen.



(Abbildung 1: Projektaufbau)

*Community of practice:* Die teilnehmenden Lehrkräfte bildeten, entlang der Logik des Bielefelder FUE-Zentrums inklusionssensible Lehrer:innenbildung (Schuldt et al., 2023) pro Kohorte eine Community of Practice (CoP). Die Lehrkräfte nahmen jeweils als Tandem aus (i.d.R.) einer sonderpädagogischen Fachkraft und einer Regelschullehrkraft am Projekt teil. Hierzu sollten pro Kohorte jede CoP die Fortbildung durchlaufen und parallel dazu zunächst bereits vorgefertigte und evaluierte Lernhilfen und anschließend selbst erstellte Lernhilfen im eigenen Unterricht einsetzen.

*Community of research:* Die Community of research (CoR) setzte sich aus den am Projekt direkt beteiligten sowie externen Wissenschaftler\*innen aus den Fachgebieten Biologiedidaktik, Sonderpädagogik und Erziehungswissenschaft zusammen. Hinsichtlich der verschiedenen Anliegen des Projekts gliederte sich die CoR in drei Teilprojekte.

*Teilprojekt (TP) 1 - Fokus auf die Lehr-Lern-Prozesse:*

TP 1 war mit der (technischen) Entwicklung der App, der Durchführung der Fortbildung sowie der Durchführung der quantitativen Fragebogenerhebungen betraut. In der Fortbildung sollten den Lehrkräften theoretische Grundlagen hinsichtlich des Formats der gestuften digitalen Lernhilfen, sowie von Diagnose und Reflexionskompetenzen vermittelt werden. Die Fortbildungen liefern den Lehrkräften zusätzlich den Rahmen der regelmäßigen Reflexion des App-Einsatzes. Das App-Design sollte auf Basis der Projekterkenntnisse beständig weiterentwickelt werden.

Begleitend sollten Wissenserwerb, Cognitive Load sowie Lernstrategieeinsatz der SuS mittels Fragebogenerhebung in Prä-Post-Tests erfasst werden. Die Auswertung der Daten waren varianz- und regressionsanalytisch ausgelegt.

*Teilprojekt 2 - Fokus auf die unterrichtlichen Praxen:*

TP 2 war parallel zu TP 1 auf sowohl die Unterrichts- als auch die Individualebene fokussiert. Hierzu sollte der Einsatz der Lernhilfen im Rahmen von teilnehmenden Beobachtungen begleitet werden (Knoblauch, 2001; Thomas, 2019, S. 70). Die Individualebene sollte anhand episodischen Interviews erhoben werden, in denen die LuL und SuS zu den Wirkweisen der gdL befragt werden sollten (Flick, 1996; Flick, 2011; Urban et al., 2018; Thomas, 2019). Die Beobachtungsprotokolle und Interviewtranskripte sollten mit Blick auf Praxen der Inklusion und Exklusion ausgewertet werden. Zur Auswertung der Daten wurden Kodierstrategien der Grounded Theory (Strauß & Corbin, 2010) und Mapping-Methoden (Clarke, 2005) ausgewählt.

Teilprojekt 3 - Fokus auf die Qualifizierung der Lehrpersonen:

TP 3 war auf die (Weiter-)Entwicklung des Fortbildungskonzepts ausgerichtet. Mittels der Erhebung und Auswertung von in der CoP stattfindenden Leitfadeninterviews (Kruse, 2015) wurden die Qualifizierungsprozesse der teilnehmenden Lehrkräfte in den Blick genommen und eruiert, inwiefern die Fortbildung ein Anschlusslernen im Modus des „Nacherfindens“ (Kussau, 2007) erlaubte und Transfer von Innovation ermöglichte (Guskey, 2000; Stiller et al., 2020). Hierzu wurden die Einschätzungen der Lehrkräfte zur Fortbildung und zum Einsatz der gestuften digitalen Lernhilfen in ihrem Unterricht erhoben. Im Sinne eines fortlaufenden fachdidaktischen und schulpraktischen Monitorings (Lau et al. 2019) sollten darüber hinaus die Forschungsergebnisse in der CoR mit ausgewiesenen Akteur\*innen der Fachdidaktik sowie Lehrkräfteforscher\*innen der Versuchsschulen Oberstufen-Kolleg und Laborschule diskutiert werden (Bender et al., 2019; Heinrich et al., 2019; Urban et al., 2018).

### 3.1 Zeitliche Planung

Aus der Projektkonzeption ergab sich eine zeitliche Planung, die sich in spezifische Projektphasen niederschlug.



(Abbildung 2: Geplanter Projektverlauf)

*Vorbereitung Kohorte 1:* Die Vorbereitung der ersten Kohorte beinhaltet die Entwicklung einer funktionstüchtigen App entsprechend des Projektziels. Zwei bereits evaluierte gestufte Lernhilfen wurden in das digitale Format übertragen. Zusätzlich sollte die Teilnahme von Lehrkräften durch eine Akquirierung über die inklusive Landkarte des Bielefelder Forschungs- und Entwicklungszentrums (<https://www.uni-bielefeld.de/einrichtungen/bised/forschung-entwicklung/inklusion/inklusive-landkarte/>) sichergestellt werden.

*Feldphase 1:* In der ersten Feldphase sollten die teilnehmenden Lehrkräfte sowohl die Fortbildung durchlaufen als auch in ihren Klassen zunächst die vorgefertigten und anschließend selbst erstellten Lernhilfen einsetzen. Der Einsatz sollte durch qualitative und quantitative Erhebungen begleitet werden.

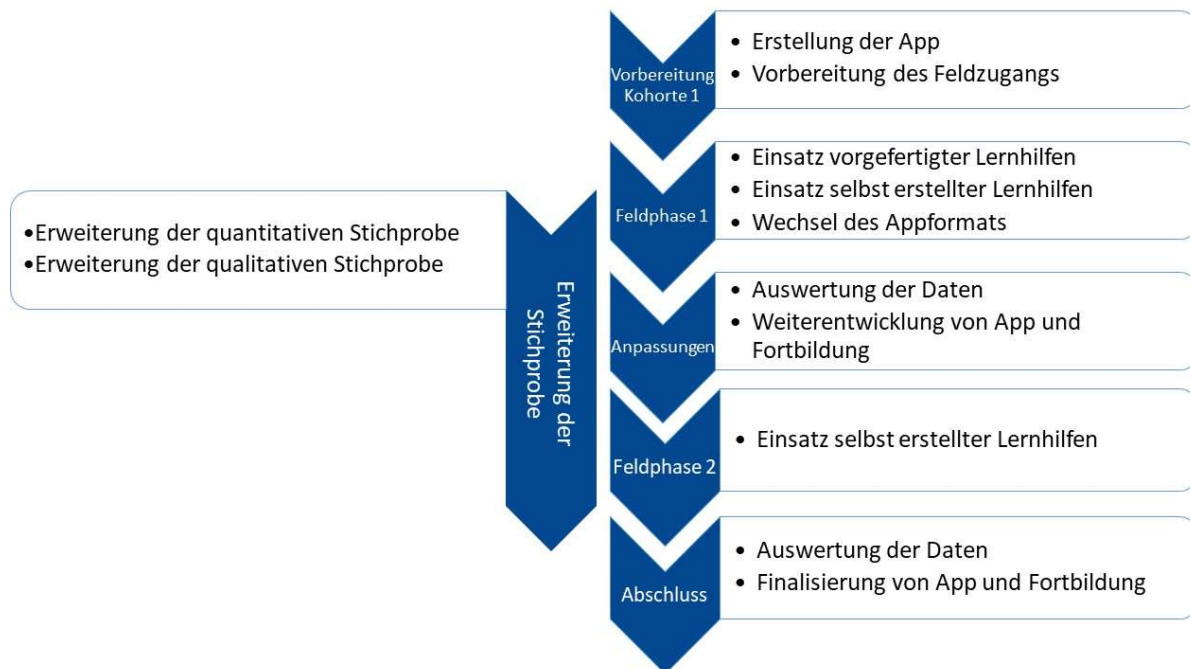
*Anpassungen:* In einer Anpassungsphase zwischen der ersten und der zweiten Feldphase sollten, aufbauend auf den Erkenntnissen aus den qualitativen Erhebungen, App und Fortbildung weiterentwickelt werden.

*Feldphase 2:* In der zweiten Feldphase sollten die teilnehmenden Lehrkräfte die weiterentwickelte Fortbildung durchlaufen und mithilfe der weiterentwickelten App in ihren Klassen zunächst die vorgefertigten und anschließend selbst erstellten Lernhilfen einsetzen. Der Einsatz sollte durch qualitative und quantitative Erhebungen begleitet werden.

*Abschluss:* Die Erkenntnisse aus der zweiten Feldphase sollten abschließend zur Finalisierung von Appdesign und Fortbildungskonzept genutzt werden.

## 4. Projektverlauf und Ergebnisse

Entsprechend der zeitlichen Planung soll an dieser Stelle der Verlauf des Projekts dargestellt werden. Dieser weist Ergänzungen zur ursprünglichen Konzeption auf (Abb. 3), die nachfolgend ausgeführt werden.



(Abbildung 3: Tatsächlicher Projektverlauf)

### 4.1 Vorbereitung Kohorte 1

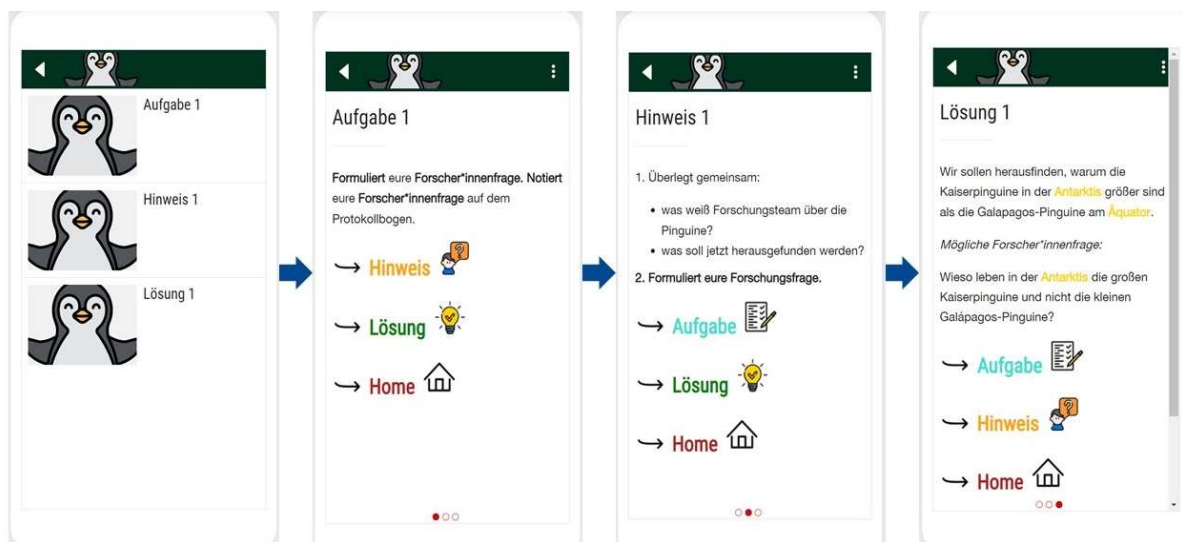
#### 4.1.1 Feldzugang

Zur Akquirierung von Lehrkräften für die erste Kohorte wurden auf Basis der inklusiven Landkarte (s.o.) Schulen in Nordrhein-Westfalen kontaktiert. Der Kontakt verlief dabei zumeist über die entsprechenden Schulleitungen bzw. Fachbereichsleitungen. Da sich auf diesem Wege keine Lehrkräfte für eine Teilnahme finden ließen, wurde die Suche auf Schulen in Niedersachsen ausgeweitet. Es erklärten sich vier Lehrkräftetandems von drei unterschiedlichen Schulen zur Teilnahme am Projekt bereit, davon drei zusammengesetzt aus einer Regelschullehrkraft und einer sonderpädagogischen Fachkraft und eines aus zwei Regelschullehrkräften.

#### 4.1.2 Appentwicklung

Parallel wurden zwei bereits evaluierte gestufte Lernhilfen (Großmann & Wilde, 2019) in ein Appformat übertragen. Durch dieses konnte jede erstellte Lernhilfe separat als App auf mobilen

Endgeräten abgerufen werden. Jede Lernhilfe bot dabei in einem gestuften Design Hinweise und (Teil-)Lösungen für die einzelnen Schritte eines naturwissenschaftlichen Experiments. Des Weiteren bot diese Version der App Zugriff auf ein Glossar für schwierige Begriffe sowie die mögliche Einbindung verschiedener medialer Zugänge (etwa Bilder, Videos, Audio). Die diagnostischen Funktionen der App befanden sich zu diesem Zeitpunkt noch in Entwicklung und waren noch nicht implementiert. Die bereits evaluierten Lernhilfen setzten sich inhaltlich mit den Überwinterungsstrategien von Zitronenfaltern, sowie der regionalen Anpassung von Pinguinen (vgl. Abb. 4) auseinander.

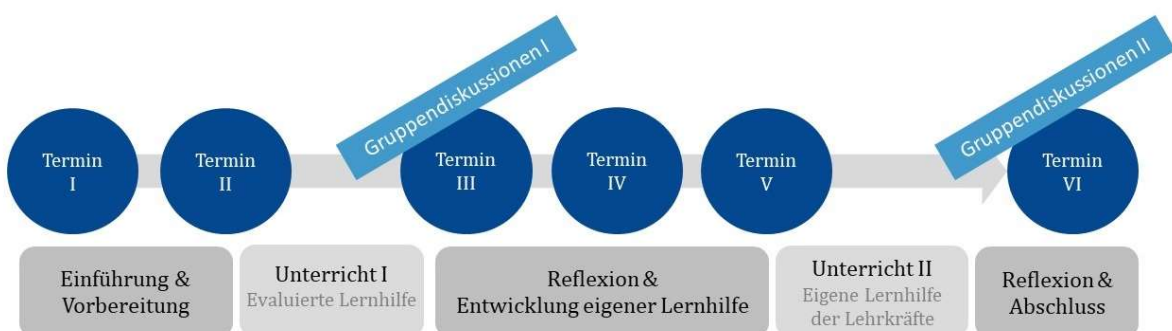


(Abbildung 4: Erstes Appdesgin)

## 4.2 Feldphase 1

### 4.2.1 Konzeption und Durchführung der Fortbildung

Die Fortbildung des ersten Durchlaufs setzte sich aus sechs Terminen zusammen.



(Abbildung 5: Fortbildung, erster Durchlauf)

*Termin I (in Präsenz):* Neben der Vorstellung der Projektkonzeption beinhaltete der erste Fortbildungstermin Inputs und Praxiselemente zu den Themen der Diagnostik in heterogenen Lerngruppen, der Binnendifferenzierung mit gestuften Lernhilfen sowie der Unterrichtskonzeption mit den bereits evaluierten Lernhilfen. Weiterhin wurden die Erwartungen der teilnehmenden Lehrkräfte gesammelt und diskutiert.

*Termin II (Online):* Der zweite Fortbildungstermin beinhaltete die konkrete Vorbereitung der Unterrichtseinheiten mit den evaluierten Lernhilfen sowie die Organisation der Fragebogenerhebungen sowie unterrichtlichen Beobachtungen.

*Termin III (in Präsenz):* Der dritte Fortbildungstermin diente der Reflexion des Einsatzes der evaluierten Lernhilfen, einem theoretischen Input zur Erstellung eigener Lernhilfen sowie der inhaltlichen Entwicklung der eigenen Lernhilfen durch die teilnehmenden Lehrkräfte.

*Termin IV (Online):* Der vierte Fortbildungstermin diente der weiteren inhaltlichen Arbeiten an den eigenen Lernhilfen sowie der Einführung in das neue Appformat (vgl. Kapitel 4.3.2). Zudem begannen die Lehrkräfte mit der Implementierung der eigenen Lernhilfen in das digitale Format.

*Termin V (Online):* Der fünfte Fortbildungstermin diente der Präsentation und Reflexion der eigenen digitalen Lernhilfen in der Fortbildungsgruppe sowie der Vorbesprechung des zweiten Erhebungszeitpunktes (Terminabsprachen, Einsatz der Fragebögen und Ethnografie).

*Termin VI (in Präsenz):* Der sechste Fortbildungstermin umfasste die Reflexion des Einsatzes der eigenen digitalen Lernhilfen durch die Lehrkräfte. Ferner wurde die gesamte Fortbildung mit den teilnehmenden Lehrkräften reflektiert.

#### 4.2.2 Datenerhebung

Die *Fragebogenerhebungen* beinhalteten einen Prätest (vor Einsatz der evaluierten Lernhilfen) sowie zwei Posttests (Posttest I nach Einsatz der ersten evaluierten Lernhilfe, Posttest II nach Einsatz der zweiten evaluierten Lernhilfe).

<b>Prätest (ca. 30 Minuten)</b>	
<b>Inhalt</b>	<b>Erläuterung</b>
Personenbezogene Daten	Alter, Geschlecht, Noten in naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichtsfächern, Erfahrungen im Umgang mit Tablets
Motivationale Regulation beim Lernen im Biologieunterricht (SMR-L) (Thomas & Müller, 2015)	13 Items, 4 Subskalen (intrinsische, identifizierte, introjizierte und externale Handlungsregulation)
Fachinteresse Biologie (Frey et al., 2009)	5 Items

Biologisches Fähigkeitsselbstkonzept (Frey et al., 2009)	6 Items
Lernstrategieeinsatz (Souvignier & Gold, 2004)	19 Items, 5 Subskalen (Memorieren, Veranschaulichen, Organisation, Elaboration, Zeitmanagement)

(Tabelle 1: Prätest)

<b>Posttest I (ca. 30 Minuten)</b>	
<b>Inhalt</b>	<b>Erläuterung</b>
Kompetenzwahrnehmung während des Experimentierens (Damerau, 2012)	20 Items, 3 Subskalen (Aufstellung von Hypothesen, Planung und Durchführung des Experiments sowie Auswertung des Experimenten)
Flow-Erleben während des Experimentierens (Flow-Kurzskala) (Rheinberg et al., 2003)	10 Items, 2 Subskalen (Glatter automatisierter Verlauf, Absorbiertheit)
Cognitive Load während des Experimentierens (selbst entwickelt)	12 Items, 3 Subskalen (Intrinsic Load, Extraneous Load, Germane Load)

(Tabelle 2: Posttest I)

<b>Posttest II (ca. 30 Minuten)</b>	
<b>Inhalt</b>	<b>Erläuterung</b>
Intrinsische Motivation (Kurzskala Intrinsische Motivation) (Wilde et al., 2009)	12 Items, 4 Subskalen (Interesse/Vergnügen, Wahrgenommene Kompetenz, Wahrgenommene Wahlfreiheit, Druck/Anspannung)
Psychologische Grundbedürfnisse (Basic Need Skala) (van den Broeck et al., 2010)	18 Items, 3 Subskalen (Wahrnehmung von Autonomie, Kompetenz und sozialer Eingebundenheit)
Social Support (Malecki & Demary, 2002)	2 Subskalen (Bezug zu Lehrkraft und Bezug zu Mitschüler*innen)
Situationales Interesse (selbst entwickelt)	15 Items, 3 Subskalen (kognitiv, wertbezogen, emotional)

Lernstrategieeinsatz (Souvignier & Gold, 2004)	19 Items, 5 Subskalen (Memorieren, Veranschaulichen, Organisation, Elaboration, Zeitmanagement)
--	---

(Tabelle 3: Posttest II)

Die Fragebögen wurden in allen teilnehmenden Klassen eingesetzt. Dabei entschieden sich einige Schüler\*innen gegen eine Teilnahme, bzw. gegen das Abgeben der Fragebögen nach dem Ausfüllen. Dies machte eine Erweiterung der Stichprobe notwendig (Kapitel 4.4).

Im Rahmen der begleitenden *Ethnografie* wurden in Unterrichtsstunden vor sowie während des App-Einsatzes teilnehmende Beobachtungen durchgeführt. Dabei waren pro Unterrichtsstunde zwei bis drei Forscher\*innen anwesend, die jeweils auf unterschiedliche Schüler\*innengruppen fokussiert waren, sodass jeder App-Einsatz vielfältige Beobachtungen erlaubte.

Nach dem letzten App-Einsatz wurden *episodische Interviews mit Schüler\*innen* durchgeführt. Diese fokussierten einerseits episodisches Wissen der Schüler\*innen mit Blick auf die Nutzung der App, die Unterrichtsgestaltung, Inklusion und Exklusion im Unterricht sowie Einstellungen zu gdL. Außerdem wurde semantisches Wissen mit Blick auf gdL sowie Inklusion und Exklusion im Unterricht thematisiert. Anstatt der geplanten *Gruppendiskussionen* mit den Lehrkräften wurden Tandeminterviews mit den einzelnen Lehrkräftetandems durchgeführt. Dies ist auf terminliche Abstimmungen mit den Lehrkräften zurückzuführen und erlaubte zudem, die Fokussierung der Zusammenarbeit der jeweiligen Lehrkräfteteams. In den Interviews wurden die Lehrkräfte zu ihren Erfahrungen in den Fortbildungen sowie zum Einsatz der gdL mit Blick auf die Unterrichtsgestaltung und das Lernen der Schüler\*innen befragt.

Qualitative Daten	
Datenform	Anzahl
Beobachtungsprotokolle	34
Interviewtranskripte (Schüler*innen)	9 (Einzelinterviews)
Interviewtranskripte (Lehrkräfte)	5 (4 Tandem-, 1 Einzelinterview)

(Tabelle 4: Qualitative Daten -erster Durchlauf)

#### 4.3 Auswertung und Anpassungen

Die qualitativen Daten wurden im Anschluss an die erste Erhebungsphase wie geplant ausgewertet. Die Erkenntnisse wurden für Anpassungen bei der App sowie im Fortbildungskonzept genutzt. Die

erhobenen Fragebogendaten waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht ausreichend für eine Auswertung (vgl. Kapitel 4.2.2).

#### 4.3.1 Qualitative (Zwischen-)Ergebnisse

Die Auswertung der Beobachtungsprotokolle sowie der Interviewtranskripte (Schüler\*innen und Lehrkräfte) ergab zentrale Erkenntnisse hinsichtlich des Einsatzes der App im Unterricht sowie der Durchführung der Fortbildung. Der Umstand, dass in der ersten Kohorte in keiner der Klassen eine 1:1 Ausstattung mit Tablets gegeben war, schlug sich auch in den Ergebnissen der qualitativen Erhebungen nieder.

*Selbstständiges Arbeit mit der App:* Zunächst lässt sich herausstellen, dass die Schüler\*innen die App im intendierten Sinne nutzten, indem sie sie für ein selbstständiges Bearbeiten der Aufgaben nutzten und dabei bei Bedarf auf Hinweise und (Teil-)Lösungen zurückgriffen. Diese dienten dabei u.a. einem Self-assessment der Schüler\*innen.

„Alem ruft Aufgabe 2 auf und springt, ohne die Aufgabe hier erneut zu lesen oder den Hinweis abzurufen, direkt zur Lösung. Charlotte bemerkt, dass er die App nutzt und schaut ihn fragend an. Er sagt: „Ich muss das kontrollieren, ich bin schon fertig damit.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

„Die Schülerinnen besprechen ihre Hypothesen untereinander und merken, dass diese ebenfalls unterschiedlich sind. Elena öffnet das Tablet, schaut sich die Lösung für Aufgabe 2 an und vergleicht diese mit ihrer.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

„Und man konnte halt, wenn man nichts wusste, zum Beispiel bei der Leitfrage, konnte man halt auf dieser App da nachgucken und sich Tipps holen.“ (Transkript Schüler\*inneninterview)

*Gruppeninterne Aushandlungsprozesse der Tabletnutzung:* Es zeigte sich, dass die Schüler\*innen innerhalb ihrer Experimentiergruppen eigene Regeln zur Tabletnutzung bzw. -nichtnutzung etablierten, die vielfach an der Einführung der App durch die Lehrkraft orientiert waren. In diesen Fällen etablierten die Schüler\*innen gruppeninterne Regeln, die sicherstellten, dass die App als optionales Hilfsmittel genutzt wurde, sobald ein selbstständiges Bearbeiten der Aufgaben nicht zu einer Lösung führte, bzw. um eine selbstständig erarbeitete Lösung zu überprüfen.

Philip nimmt sich das Tablet und öffnet Aufgabe 3, um dort dann direkt auf Lösung zu gehen. Charlotte sieht das und ruft: „Nein! Aus!“ und greift ihm dazwischen. Die beiden kabbeln sich kurz um das Tablet, dann nimmt Alem das Gerät in eine Hand und beide lassen es los. Alem schaltet den Bildschirm aus und legt das Tablet auf den Nebentisch. (Auszug Beobachtungsprotokoll)

*Das Tablet als Marker von Unselbstständigkeit:* In anderen Fällen führte die Aushandlung der Tabletnutzung jedoch zu deren Ablehnung. In diesen Fällen verstanden die Schüler\*innen die Nutzung der App, oder sogar die bloße Handhabung des Tablets als ein Symbol für Unselbstständigkeit. Das Tablet wurde in diesen Fällen mit einer stigmatisierenden Wirkung versehen, die es zu vermeiden galt.

Die Lehrerin macht das Tablet an und fordert die beiden auf es zu benutzen. „Wir können das auch ohne,“ entgegnet ihr der rechte Schüler. „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.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

*Die Komplexe Materialität des Experimentierens:* Es zeigte sich, dass die vielfältigen materiellen Artefakte beim Experimentieren für viele Schüler\*innen eine Herausforderung darstellte. So konnte beobachtet werden, dass Schüler\*innen mit Beginn des Experiments ihr Tablet beiseitelegten und es für den Rest des Experiments nicht mehr nutzten, auch dann nicht, wenn sie Hilfe brauchten. Stattdessen nutzten sie bekannte Hilfesuchstrategien, wie etwa das Nachfragen bei einer Lehrkraft. Bestärkt wurde dieses Verhalten durch Ermahnungen der Lehrkräfte, vorsichtig mit den Tablets umzugehen, um sie nicht zu beschädigen.

„Die Gruppe folgt der Materialvorstellung. Frau Kügler sagt dann, dass die Tablets beim Experimentieren sicher weggelegt werden sollen, aber so, dass sie noch jederzeit benutzt werden können. [...] [Die Gruppe legt das Tablet auf den Nebentisch und beginnt das Experiment] Sophie schaut sich dann im Raum um und sieht, dass mehrere S\*S 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?‘. Sophie antwortet kurz etwas und geht dann zurück zu ihrer Gruppe: ‚Wir sollen das Experiment planen!‘. Das Tablet liegt weiter ungenutzt auf dem Nebentisch.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

*Exkludierendes Potenzial der App:* Im Zusammenhang mit der geringen Anzahl an Tablets im ersten Erhebungszeitraum zeigten sich immer wieder Ausschlüsse einzelner Schüler\*innen von der Nutzung der Tablets. Einerseits zeigte sich dies im Zusammenhang mit der gruppeninternen Aushandlung von Nutzungsregeln, die sich in diesen Fällen an bereits bekannten Arbeitsweisen orientierten, etwa indem die gegenseitige Unterstützung unter Schüler\*innen präferiert wurde.

„Ella sortiert ihr AB's und dreht das erste um: ‚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. Sie nimmt Bezug auf die Zeichnung auf dem AB und teilt ihre Gedankengänge der Gruppe mit. Marie fasst sich an die Schläfen und seufzt: ‚Mein Gehirn.‘“  
(Auszug Beobachtungsprotokoll)

Das exkludierende Potenzial der App zeigte sich aber auch dann, wenn die verschiedenen Schüler\*innen einer Gruppe in unterschiedlichem Tempo arbeiteten. So konnten Situationen beobachtet werden, in denen einzelne Schüler\*innen Hilfe bei der Bearbeitung ihrer aktuellen Aufgabe brauchten, das Tablet aber von anderen Schüler\*innen der Gruppe genutzt wurde, die derzeit an einer anderen Aufgabe arbeiteten.

„Liam und Lewis arbeiten gemeinsam an Aufgabe B). Sie scrollen dazu durch das Tablet, das vor ihnen liegt. Bilal ist unterdessen scheinbar von Aufgabe a) überfordert und wendet sich an Herrn Friedrichs [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 auf dem Tisch liegende Tablet nutzen um die Lösung abzugleichen.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

*Ein großer Zeitaufwand für Lehrkräfte:* Die Lehrkräfte berichteten, dass sie den Zeitaufwand hinsichtlich des Appeinsatzes als sehr hoch empfanden, da Passungen zwischen den vorausgesetzten Kenntnissen in der App und den S\*S der eigenen Klasse hergestellt werden mussten. Auch bei der Konzeption eigener Lernhilfen wurde die Herausforderung herausgestellt, die App einerseits ausreichend binnendifferenziert und andererseits ausreichend übersichtlich strukturiert zu konzipieren, um die vielfältigen Bedarfe der Schüler\*innen zu berücksichtigen.

„Also ich hatte nachher eine Gruppe hier, das war die [...]. 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.“  
(Transkript Lehrkräfteinterview)

Darüber hinaus empfanden die Lehrkräfte die Fortbildung selbst als zeitaufwendig und als schwierig in ihren beruflichen Alltag zu etablieren.

*Reflexionen der Lehrer\*innenrolle:* Die Interviews machen deutlich, dass der Einsatz der App Reflexionen zum Verhältnis der Leistung der App einerseits und Aufgaben der Lehrkraft andererseits erforderlich macht: Wie relationiert sich das Lernen der S\*S zwischen digitalem Medium und Lehrkraft und wie ist ein Verständnis des Unterrichtsgegenstands sicherzustellen?

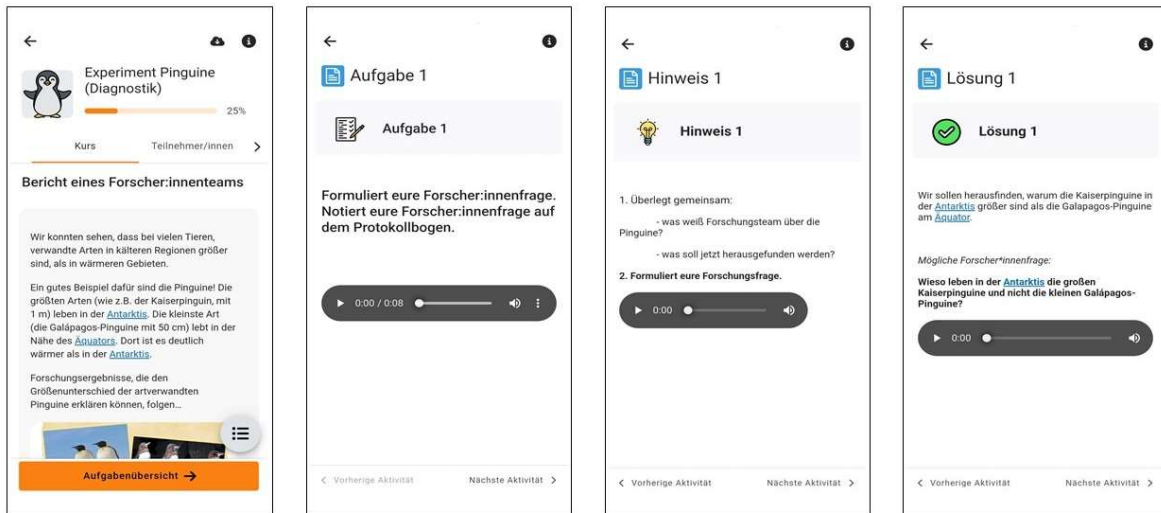
„Also es kontrolliert sozusagen am Ende nicht das Verständnis, oder es begleitet nicht so das Verständnis in dem Sinne. [...] Und ich glaube, es ist aber eben trotzdem wichtig, dass man sozusagen als Lehrkraft noch mal das irgendwie sammelt, um wirklich zu sehen, ob die Schüler es am Ende auch wirklich verstanden haben.“ (Transkript Lehrkräfteinterview)

*Rückgriff auf bekannte Systeme:* Auch äußerten die Lehrkräfte den Wunsch, Lernhilfen in bereits bestehende und bekannte Systeme zu integrieren. Sie sprachen sich damit gegen die Einführung einer neuen App in ihren Unterricht aus, die ein völlig neues Einarbeiten von ihrer Seite, aber auch durch die Schüler\*innen erforderlich mache.

#### 4.3.2 Anpassungen

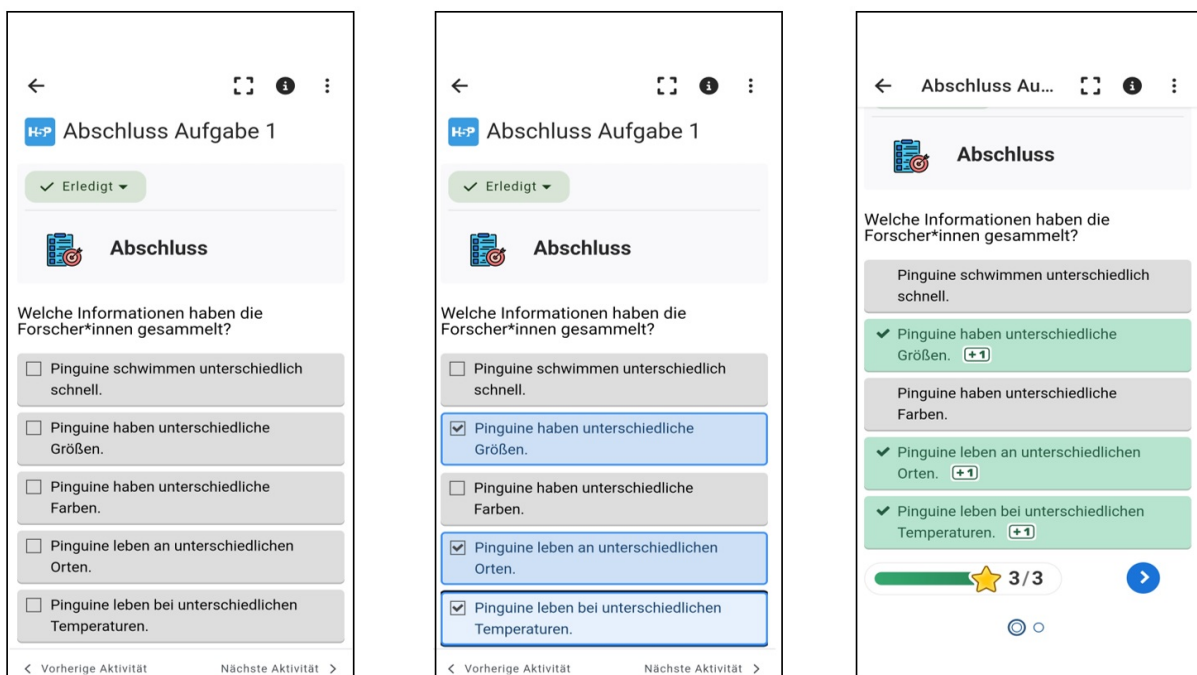
Basierend auf den Erkenntnissen der qualitativen Erhebungen im ersten Durchlauf wurden Anpassungen im Appdesign sowie der Konzeption der Fortbildung vorgenommen. Diese sollten die herausgestellten Herausforderungen verringern und den Einsatz der Lernhilfen im Sinne des Projektziels fördern.

*Wechsel zu einem Lernmanagementsystem:* Basierend auf dem Wunsch der Lehrkräfte, die Lernhilfen in bereits bekannte Systeme einzubinden, anstatt eine neue App in den Unterricht zu bringen, wurde ein Wechsel von einer eigenen App zum Lernmanagementsystem *Moodle* vollzogen. Dieser Wechsel wurde bereits während der ersten Erhebungsphase vollzogen, sodass für die Implementierung einer Diagnostikfunktion ausreichend Zeit bleiben würde. Die evaluierten Lernhilfen wurden entsprechend in das neue Format eingepflegt. Das neue Format ließ dies mit minimalen Veränderungen in der Bedienoberfläche zu (Abb. 6).



(Abbildung 6: Lernhilfe in Moodle)

*Implementierung einer Diagnosefunktion:* Im Rahmen der Anpassungen der App im Anschluss an den ersten Erhebungszeitraum konnte dann eine Diagnosefunktion implementiert werden. Dies geschah, indem jeder Aufgabe des Experiments in der Lernhilfe (wenigstens) eine diagnostische Frage nachgeschaltet wurde (Abb. 7), deren Beantwortung zum Fortschreiten zur nächsten Aufgabe nötig war. Neben inhaltlichen Fragen zum Experiment, wurden prozessbezogene Fragen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung integriert. Dies ermöglichte ein direktes Feedback an die Schüler\*innen hinsichtlich ihres Verständnisses der Aufgabe und erfüllte damit eine selbstdiagnostische Funktion.



(Abbildung 7: Diagnostische Fragen in der App)

Darüber hinaus erlaubt das digitale Format den Lehrkräften einen simultanen Einblick in die Lernstände aller Schüler\*innen (Abb. 8), einzelner Schüler\*innen (Abb. 9) und der Antworten individueller Schüler\*innen auf einzelne diagnostische Fragen (Abb. 10). Dies ermöglicht unterrichtsbegleitende Erkenntnisse hinsichtlich der verschiedenen Arbeitsfortschritte, sowie individueller als auch klassenweiter Bedürfnisse (etwa, wenn besonders viele Schüler\*innen bei einer spezifischen Aufgabe Schwierigkeiten aufweisen).

Vorname / Nachname ^	H-P Abschluss Aufgabe 4	H-P Abschluss Aufgabe 5	H-P Abschluss Aufgabe 6	Σ Kurs gesamt
BO Bsp. Schüler*in 01	-	-	-	-
BO Bsp. Schüler*in 02	0,00	0,00	33,33	106,67
BO Bsp. Schüler*in 03	100,00	-	-	216,67
BO Bsp. Schüler*in 04	100,00	100,00	66,67	446,67
BO Bsp. Schüler*in 05	-	-	-	-
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	66,67	50,00	50,00	256,67

(Abbildung 8: Diagnosefunktion - Übersicht über die gesamte Klasse)

**BO Versuch #1: Bsp. Schüler\*in 04**

**Startdatum**  
9. September 2024, 12:46

**Abgeschlossen**  
 Dieser Versuch ist abgeschlossen

**Dauer**  
28 Sekunden



**Ergebnis**  
 Bestanden

**Gesamtpunktzahl**  
6 von 6

**Welche Informationen haben die Forscher\*innen gesammelt?**

Auswahl	Richtige Antwort	Antwort
<input checked="" type="checkbox"/> Pinguine leben an unterschiedlichen Orten.	<input checked="" type="radio"/>	✓
<input checked="" type="checkbox"/> Pinguine leben bei unterschiedlichen Temperaturen.	<input checked="" type="radio"/>	✓
<input checked="" type="checkbox"/> Pinguine haben unterschiedliche Größen.	<input checked="" type="radio"/>	✓
<input type="checkbox"/> Pinguine haben unterschiedliche Farben.	<input type="radio"/>	
<input type="checkbox"/> Pinguine schwimmen unterschiedlich schnell.	<input type="radio"/>	

(Abbildung 9: Diagnosefunktion - Ansicht zu einem\*einer Schüler\*in)

B0 **Bsp. Schüler\*in 04**  

Name der Bewertung	Bewertungskategorie	Bewertung	Bereich
<small>H5P</small> H-P Abschluss Aufgabe 1	*** Experiment Pinguine	100,00	0,00 - 100,00
<small>H5P</small> H-P Abschluss Aufgabe 2	*** Experiment Pinguine	80,00	0,00 - 100,00
<small>H5P</small> H-P Abschluss Aufgabe 4	*** Experiment Pinguine	100,00	0,00 - 100,00
<small>H5P</small> H-P Abschluss Aufgabe 5	*** Experiment Pinguine	100,00	0,00 - 100,00
<small>H5P</small> H-P Abschluss Aufgabe 6	*** Experiment Pinguine	66,67	0,00 - 100,00
$\Sigma$ GESAMTERGEBNIS Kurs gesamt	*** Experiment Pinguine	446,67	0,00 - 600,00

(Abbildung 10: Diagnosefunktion - Ansicht der Aufgabenbeantwortung zu einem\*iner Schüler\*in)

*Ein obligatorischer Appeinsatz:* Zur Verringerung der beobachteten ungewollten Nebeneffekte des Appeinsatzes wurden die Lernhilfen zunächst so umgestaltet, dass ihre Nutzung für die Bearbeitung der Aufgaben obligatorisch wurde. Hierzu wurde die Aufgabe vollständig in das digitale Format übertragen. Zuvor konnten die Aufgaben vollständig mit parallel ausgeteilten Aufgabenblättern bearbeitet werden. In einigen Fällen verlegten die Lehrkräfte auch die Verschriftlichung der Antworten in die App. Dies sollte das mit der Tablethandhabung einhergehende Risiko der Stigmatisierung verringern.

*Eine umfassende Tabletausstattung:* Darüber hinaus wurde für den zweiten Erhebungszeitraum sichergestellt, dass stets genügend Tablets für alle Schüler\*innen vorhanden waren. Dies wurde durch projekteigene Tablets gewährleistet, die im gegebenen Fall den Schüler\*innen zur Verfügung gestellt wurden. Dies sollte zur Vermeidung von Exklusionen von der Tabletnutzung beitragen und den Schüler\*innen ein selbstständiges Arbeiten an den Aufgaben ermöglichen.

*Die Zugänglichkeit der Fortbildung:* Entsprechend der Kritik der Lehrkräfte eines zu großen Zeitaufwands für die Teilnahme an der Fortbildung wurde diese auf fünf Termine verkürzt (Abb. 11). Zudem wurde sie vollständig in ein Online-Format verlegt. Die Durchführung der Tandeminterviews mit den Lehrkräften wurde von den Fortbildungsterminen losgelöst um diese kurz zu halten. Die Interviewtermine wurden individuell mit den Lehrkräften abgesprochen. Beides sollte den Lehrkräften eine höhere (zeitliche) Flexibilität für die Teilnahme ermöglichen. Zusätzlich wurden flexible

Einzeltermine für die Lehrkräfte angeboten, in denen diese bei der Erstellung ihrer Lernhilfen unterstützt wurden. Dies sollte durch eine direkte Unterstützung den diesbezüglich geäußerten zeitlichen Aufwand verringern.

*Inhaltliche Anpassung der Fortbildung:* Die Fortbildung wurde entsprechend des neuen Appformats inhaltlich umgestellt.

#### 4.3.3 Feldzugang

Zur Akquirierung von Lehrkräften für die zweite Kohorte wurden erneut auf Basis der inklusiven Landkarte (s.o.) Schulen in Nordrhein-Westfalen kontaktiert. Um eine ausreichend große Stichprobe zu gewährleisten wurden zusätzlich Schulen in Niedersachsen kontaktiert. Der Kontakt verlief erneut zumeist über die entsprechenden Schulleitungen bzw. Fachbereichsleitungen. Es erklärten sich drei Lehrkräftetandems von drei unterschiedlichen Schulen zur Teilnahme am Projekt bereit, alle zusammengesetzt aus einer Regelschullehrkraft und einer sonderpädagogischen Fachkraft.

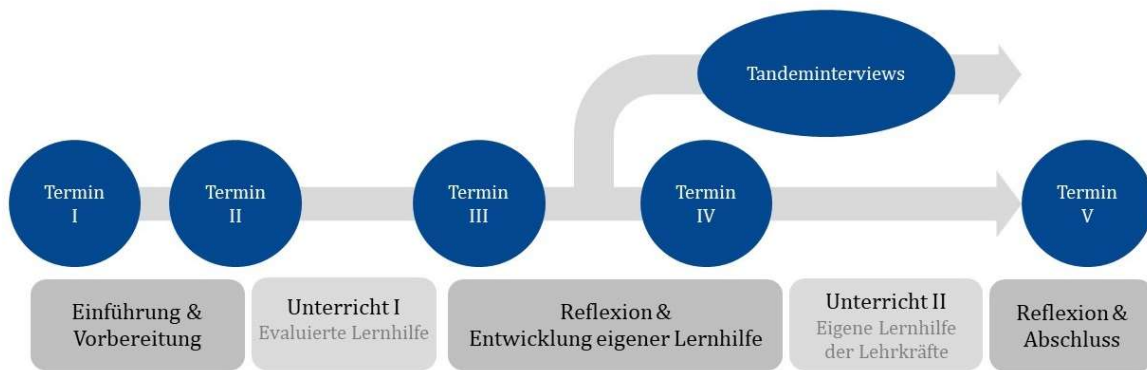
#### 4.4 Ergänzung der quantitativen Stichprobe

Aufgrund des geringen Rücklaufs bei den Fragebogenerhebungen in der ersten Feldphase (Kap. 4.2.2) wurde nach Abschluss der ersten Feldphase eine Vergrößerung der Stichprobe zur Teilnahme an der Fragebogenerhebung durchgeführt (Abb. 3). Diese wurde durch die zusätzliche Durchführung der unterrichtlichen Intervention mit inhaltsgleichen, evaluierten Lernhilfen durch Lehramtsstudierende im Praxissemester sowie durch Lehramtsstudierende, die ihre Bachelor- und Masterarbeiten absolvierten, erreicht. Die Fragebogenerhebungen wurden entsprechend des oben dargelegten Ablaufs im Prä-Posttest-Design durchgeführt (Kap. 4.2.2). Die Studierenden wurden, anstatt die übliche Fortbildung zu durchlaufen, im Rahmen von universitären Veranstaltungen auf den Einsatz der Lernhilfen vorbereitet.

#### 4.5 Feldphase 2

##### 4.5.1 Konzeption und Durchführung der Fortbildung

Die Fortbildung wurde entsprechend der Anpassungen nach der ersten Feldphase (Kap. 4.3.2) konzipiert (Abb. 11).



(Abbildung 11: Fortbildungskonzeption, zweiter Durchlauf)

Im Rahmen der Anpassungen der Fortbildungen wurde auf ein synchrones Online-Fortbildungsformat gewechselt.

*Termin I:* Neben der Vorstellung der Projektkonzeption beinhaltete der erste Fortbildungstermin Inputs und Praxiselemente zu den Themen der Diagnostik in heterogenen Lerngruppen, der Binnendifferenzierung. Hierbei wurde ein direkter Bezug zu den evaluierten Lernhilfen, die im Unterricht I eingesetzt werden, hergestellt. Weiterhin wurden die Erwartungen der teilnehmenden Lehrkräfte gesammelt und diskutiert.

*Termin II:* Der zweite Fortbildungstermin umfasste die Vorstellung sowie Organisation der ersten Unterrichtseinheit zum Themenfeld der Überwinterungsstrategien sowie der damit verbundenen Erhebungsphase.

*Termin III:* Der dritte Termin der Fortbildung beinhaltete die Reflexion der durchgeführten Unterrichtseinheit unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes der gestuften Lernhilfen. Darüber hinaus wurde die Entwicklung eigener gestufter digitaler Lernhilfen durch die Lehrkräfte initiiert.

*Termin IV:* Im Rahmen des vierten Fortbildungstermins wurde die Entwicklung und digitale Umsetzung der eigenen gestuften Lernhilfen durch die Lehrkräfte fortgeführt. Ferner wurde die zweite Erhebungsphase in der folgenden Unterrichtseinheit in Absprache mit den Lehrkräften organisiert.

*Termin V:* Der fünfte Fortbildungstermin umfasste die Reflexion des Einsatzes der eigenen digitalen Lernhilfen durch die Lehrkräfte. Ferner wurde die gesamte Fortbildung mit den teilnehmenden Lehrkräften reflektiert.

Neben den regulären Fortbildungsterminen mit allen teilnehmenden Lehrkräften wurden individuelle Beratungstermine, insbesondere zwischen den Terminen III, IV und V angeboten. Hierbei hatten die Lehrkräfte die Möglichkeit, gezielte Fragen zur Entwicklung bzw. digitalen Implementation der eigenen gestuften Lernhilfen sowie der Umsetzung der geplanten Unterrichtseinheit zu stellen. Diese Termine

wurden durch Mitarbeiter:innen des ifib Bremen zur Digitalisierungs- und Datenschutzberatung begleitet.

Terminliche Unstimmigkeiten seitens der teilnehmenden Lehrkräfte, sowie Schwierigkeiten, die Inhalte der evaluierten Lernhilfen in ihre Lehrpläne zu integrieren, machten Anpassungen im Ablauf sowie in den Inhalten der Fortbildungen notwendig. Daher wurden die ersten beiden Fortbildungstermine, wie beschrieben, mit allen Lehrkräfte durchgeführt und hierbei in das Projekt sowie die Unterrichtseinheit eingeführt. Die nachfolgenden Termine wurden als individuelle Beratungstermine mit den einzelnen Lehrkräften durchgeführt, um diese optimal auf die von ihnen geplanten Unterrichtseinheiten und die Nutzung der eigenen digitalen gestuften Lernhilfen vorzubereiten.

#### 4.5.2 Datenerhebung

Aufgrund der oben genannten Anpassungen des Projektverlaufs setzten die Lehrkräfte anstatt evaluierter Lernhilfen direkt selbst erstellte Lernhilfen ein.

Die geplanten *Fragebogenerhebungen* konnten aus diesem Grund in diesen Klassen nicht durchgeführt werden, da sie sich auf die evaluierten Lernhilfen beziehen. Es wurden stattdessen weitere Erhebungen im Rahmen des Einsatzes evaluierter Lernhilfen durch Lehramtsstudierende im Praxissemester sowie Lehramtsstudierende, die ihre Bachelor- und Masterarbeiten absolvierten (Kap. 4.4), durchgeführt.

Im Rahmen der begleitenden *Ethnografie* wurden erneut in Unterrichtsstunden vor sowie während des Appeneinsatzes teilnehmende Beobachtungen durchgeführt. Dabei waren pro Unterrichtsstunde ein bis drei Forscher\*innen anwesend, die jeweils auf unterschiedliche Schüler\*innengruppen fokussiert waren, sodass jeder Appeneinsatz vielfältige Beobachtungen erlaubte. Da es aufgrund der o.g. Änderungen im Projektverlauf insgesamt zu weniger Appeneinsätzen kam wurden zusätzlich teilnehmende Beobachtungen im Rahmen des Einsatzes von gdL in Nordrhein-Westfalen (Kap. 4.5.3). Nach dem letzten Appeneinsatz wurden *episodische Interviews mit Schüler\*innen* durchgeführt. Diese entsprachen in ihrer Durchführung den Interviews des ersten Durchlaufs (Kap. 4.2.2).

Es wurde ein Tandeminterview mit dem Lehrkräftetandem durchgeführt, das die App eingesetzt hatte. Zur Vergrößerung der Datengrundlage wurde zusätzlich ein Interview mit einem\*einer Studierenden durchgeführt, der\*die im Rahmen einer Abschlussarbeit die App eingesetzt hatte. In den Interviews wurden die Interviewten zu ihren Erfahrungen in den Fortbildungen sowie zum Einsatz der gdL mit Blick auf die Unterrichtsgestaltung und das Lernen der Schüler\*innen befragt.

#### 4.5.3 Erweiterung der qualitativen Stichprobe

Da es aufgrund terminlicher Unstimmigkeiten seitens der Lehrkräfte insgesamt zu weniger Appeinsätzen kam als antizipiert, wurde auch die qualitative Stichprobe vergrößert. Dies wurde realisiert, indem mehrere Unterrichtsstunden einer Lehrkraft aus Nordrhein-Westfalen durch ethnografische Beobachtungen begleitet wurden. Diese Lehrkraft hatte zwar die Fortbildung nicht durchlaufen, war aber bereits mit dem Einsatz von gDL vertraut.

Qualitative Daten	
Datenform	Anzahl
Beobachtungsprotokolle	20
Interviewtranskripte (Schüler*innen)	15 (2 Tandem-, 13 Einzelinterviews)
Interviewtranskripte (Lehrkräfte bzw. Studierende)	1 + 1 (1 Tandeminterview mit Lehrkräften, ein Einzelinterview mit Student*in)

(Tabelle 5: Qualitative Daten -zweiter Durchlauf)

#### 4.6 Auswertung und Abschluss

Die qualitativen sowie die quantitativen Daten wurden entsprechend der Projektkonzeption ausgewertet. Die Erkenntnisse wurden zur Finalisierung der App und des Fortbildungsdesigns sowie hinsichtlich deren Weiternutzung (Kap. 6) genutzt.

##### 4.6.1 Qualitative Ergebnisse

Zunächst ist hervorzuheben, dass die im ersten Durchlauf festgestellten Potenziale der *Stigmatisierung durch die Tabletnutzung* sowie die *exkludierenden Potenziale durch die App* nicht erneut beobachtet wurden. Dies kann als Hinweis darauf verstanden werden, dass die Anpassungen hinsichtlich Appdesign und Tabletausstattung die gewünschte Wirkung zeigten. Die App ermöglichte in diesem Sinne ein individuelles Lernen, bei dem die Schüler\*innen selbstständig auf Hilfe zugreifen konnten ohne dabei als Unselbstständig markiert zu werden.

*Technische Herausforderungen:* Stattdessen zeigte sich im zweiten Durchlauf jedoch eine besondere Betonung technischer Herausforderungen beim Einsatz der App. Hierbei spielten zunächst Unterschiede in den Bedienoberflächen eine Rolle, die darauf zurückzuführen waren, dass teilweise unterschiedliche Geräte (Tablets oder Laptops) genutzt wurden sowie die App teilweise auf den Geräten installiert war, teilweise aber stattdessen im Internetbrowser geöffnet war.

„[Die Lehrkraft] erklärt dann weiter, dass es nun zwei unterschiedliche Möglichkeiten gibt, zur nächsten Frage zu schalten (das scheint davon abzuhängen, ob man die Webapp oder die App nutzt). Entweder über ein seitliches Menü, oder über einen „nächste Aufgabe“ Schaltfläche unten rechts.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

Diese Uneinheitlichkeit machte immer wieder Unterstützungsangebote für die Schüler\*innen notwendig (durch die Lehrkraft oder Mitschüler\*innen), bevor das Arbeiten an der Aufgabe fortgesetzt werden konnte. Technische Herausforderungen sorgten aufgrund der großen Anzahl von Geräten immer wieder zu Behinderungen des Arbeitsflusses. Diese traten immer wieder gehäuft auf, da häufig viele Schüler\*innen gleichzeitig an der entsprechenden Stelle der Aufgabe ankamen.

„Die S\*S machen sich still ans Ausfüllen des Quiz. Schnell melden sich mehrere S\*S [...]. Bei allen scheint es dasselbe Problem zu geben. Nachdem die S\*S Frage 1 ausgefüllt haben, können sie nicht zu Frage 2 weitergehen.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

Dies machte es notwendig, dass die Lehrkräfte individuell Lösungswege für die Probleme aufzeigten, sodass der Arbeitsfluss der Schüler\*innen behindert war, bis die Lehrkraft bei ihnen ankam. In einem Fall unterbrach die Lehrkraft den Arbeitsfluss der gesamten Klasse um die Schüler\*innen mit einer Problemlösung vertraut zu machen.

„Die Lehrkraft wendet sich dann laut an die Klasse: ‚Ich muss noch einmal kurz was zeigen!‘. Mit ihrem Tablet in der Hand, hochgestreckt neben ihrem Kopf, Bildschirm zu Klasse, erklärt sie, wie die Aufgabe als erledigt markiert werden kann, sodass die nächste Frage freigeschaltet wird.“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

*Zeitliche Flexibilität:* Gleichzeitig spiegelte sich in individuellen Unterstützungsangeboten für die Schüler\*innen eine größere zeitliche Flexibilität der Lehrkräfte wider. Diese hatten durch das selbstständige Arbeiten der Schüler\*innen mit der Lernhilfe die Möglichkeit flexibel und mit mehr Ruhe in der Klasse zu agieren.

„Also, die Lehrer waren deutlich weniger unter Stress. [...] Oder wenn man das / die nicht immer hin- und herlaufen müssen, um zu gucken, ob das richtig ist. Weil man da ja auch noch Fehler prüfen drücken kann. Und dadurch, dass es halt nicht so viel mit dem Hin und Her Gerenne, vor allem, wenn man alleine ist.“ (Transkript Schüler\*inneninterview)

*Diagnostische Potenziale:* Die Potenziale der App für eine prozessorientierte Diagnostik fanden in der beobachteten Praxis nur in geringem Maße Anwendung. Einerseits waren die Lehrkräfte in einigen Fällen schlichtweg zu sehr damit beschäftigt, technische Herausforderungen durch individuelle Unterstützung zu kompensieren, andererseits zeigte sich, dass sie vielfach in gewohntes Unterrichtshandeln verfielen, indem sie etwa herumgingen, um den Arbeitsstand der Schüler\*innen in Erfahrung zu bringen. Es kam hinzu, dass die Lehrkräfte die App während der Einsätze noch nicht gut kannten. So kam es wiederholt vor, dass Lehrkräfte sich im Unterricht bei den anwesenden Forscher\*innen erkundigten, wie bestimmte Funktionen, auch die diagnostischen Funktionen, abgerufen werden könnten. Diese Aspekte lassen sich daher zu einem großen Teil auf eine fehlende Routine im Umgang mit der App zurückführen, die die Ausschöpfung diagnostischer Potenziale behinderten.

In einem Fall nutzte eine Lehrkraft die diagnostische Funktion in nicht antizipierter Weise, indem sie die Darstellung des klassenweiten Fortschritts (Abb. 8) über das Smartboard der Klasse sichtbar machte und als eine Art Ranking nutzte.

„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!“ (Auszug Beobachtungsprotokoll)

Einerseits zeigt diese Beobachtung die Flexibilität, die das digitale Medium der App den Lehrkräften ermöglicht, indem sie Nutzungsformen abseits des intendierten Designs erlaubt. Gleichzeitig betont dies die Risiken der Stigmatisierung, die mit einer solchen Öffentlichkeit von Lernergebnissen einhergehen, die erst durch digitale Medien in diesem Maße und in dieser Geschwindigkeit ermöglicht werden.

#### 4.6.2 Quantitative Ergebnisse

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 et al., 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 et al., i. V.).

Mittels mixed-ANOVAs mit Messwiederholung wurden zudem der *Wissenserwerb* der Lernenden ( $N = 150$ ) innerhalb der Unterrichtseinheit zu Überwinterungsstrategien 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.

#### 4.6.3 Finalisierung von App- und Fortbildungsdesign

Nach Abschluss der Auswertungen ergaben sich keine weiteren Veränderungen des App-Designs, da der Wechsel auf das Lernmanagementsystem Moodle bereits zahlreiche Einsatzfunktionen ermöglicht. Das Fortbildungsdesign wurde insofern erweitert, als dass der Diagnosefunktion der Lernhilfen mehr Zeit eingeräumt wurde.

#### 5. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Position	Summe der Ausgaben		
	Standort Bielefeld	Standort Göttingen	Standort Hannover
0812	165.230,35 €	166.107,43 €	116.736,57 €
0817	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0820	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0822	23.492,44 €	14.543,81 €	14.242,14 €
0831	16.459,62 €	0,00 €	182,60 €
0834	0,00 €	0,00 €	0,00 €
0835	38.366,59 €	0,00 €	0,00 €
0843	0,00 €	0,00 €	1.286,67 €

0846	974,66 €	4.935,73 €	6.452,60 €
0850	2.217,60 €	0,00 €	0,00 €
Summe	246.741,26 €	185.586,97 €	138.900,58 €

## 6. Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Entwicklung von sowohl einem Appdesign sowie eines Fortbildungsformats für den inklusiven Naturwissenschaftsunterricht machte eine praxisnahe Begleitung sowohl der Unterrichtspraxis als auch der Durchführung der Fortbildung notwendig. Dies war durch die intensive qualitative Forschung und Beratung gegeben. Parallel dazu ermöglichten die quantitativen Erhebungen Erkenntnisse hinsichtlich des konzeptuellen Wissen und der Motivationsqualitäten der Schüler\*innen.

Hinsichtlich der Weiternutzung der zentralen Ergebnisse des Projekts sind folgende Schritte geplant:

- Die Weiternutzung der App in nachfolgenden universitären Forschungsprojekten
- Die Weiternutzung der erstellten Lernhilfen in Veranstaltungen der (universitären) Lehrkräftebildung (z.B. „Digitale Lernlandschaft: Inklusive Bildung“ der Leibniz Universität Hannover)
- Die Weiternutzung der Fortbildung bzw. Teilen der Fortbildung im Folgeprojekt *ComeNet Biologie*

## 7. Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Laufe der Durchführung wurden keine Fortschritte im Themenfeld des Projekts bekannt. In verwandten Gebieten sind etwa andere Projekte der Förderrichtlinie hervorzuheben. Hierzu zählen vor allem das Projekt DiPoSa<sup>1</sup>, zur ressourcenorientierten förderbezogenen Diagnosepraxis im inklusiven Sachunterricht, das Projekt EuLe-F<sup>2</sup>, zur digitalen Prozessdiagnostik der Erzähl- und Lesekompetenzen im Übergang zur Grundschul, und das Projekt Profink<sup>3</sup>, zur förderdiagnostischen Professionalisierung in der inklusiven naturwissenschaftlichen Bildung in der KiTa.

## 8. Publikationen

Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Kleinert, S. I., Haunhorst, D., & Wilde, M. (2022). Schülerinnen lernen selbstständig das Modellieren mit Exponentialfunktionen. Binnendifferenzierung im Mathematikunterricht durch digitale gestufte Lernhilfen. *Die Materialwerkstatt. Zeitschrift für*

<sup>1</sup> <https://forschung-inklusive-bildung.de/schulische-bildung/diposa/>

<sup>2</sup> <https://forschung-inklusive-bildung.de/schulische-bildung/eule-f/>

<sup>3</sup> <https://forschung-inklusive-bildung.de/fruehe-bildung/profink/>

- Konzepte und Arbeitsmaterialien für Lehrerinnenbildung und Unterricht (DiMaWe)*, 4(1), 73-78. <https://doi.org/10.11576/dimawe-5474>
- Kleinert, S. I., Haunhorst, D., Bekel-Kastrup, H., Hamers, P., & Wilde, M. (2022). Wie hoch ist die Salztoleranz unterschiedlicher Getreidesorten? Eigenständiges Experimentieren mit digitalen gestuften Lernhilfen zur Thematik Ökologische Nische und Keimung. *Die Materialwerkstatt. Zeitschrift für Konzepte und Arbeitsmaterialien für Lehrer\*innenbildung und Unterricht (DiMaWe)*, 4(1), 22-29. <https://doi.org/10.11576/dimawe-5273>
- 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 (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen*, 26, 1-18. <https://doi.org/10.11576/ZDB-5205>
- Kleinert, S., Besa, K. - S., Haunhorst, D., & Wilde, M. (2023). Experimentation and Differentiated Instruction in Biology Lessons. Examining the Effects of Incremental Scaffolds on the Students' Interest. In V. Letzel-Alt & M. Pozas (Hrsg.), *Differentiated Instruction Around the World - A Global Inclusive Insight* (S. 191-208). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830997023>
- Löser, J., Demmer, C., Goltz, J., Heinrich, M., Kleinert, S.I., Koisser, S., Schilling, N., Streblov, L., Wilde, M., & Werning, R. (2023). Lernprozessbegleitende Diagnostik und Fachdidaktik: Gestufte digitale Lernhilfen als Professionalisierungskonzept für adaptiven Unterricht (DiLernProfis). *Praxis Forschung Lehrer\*innen Bildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, 5(1), 191-203. doi: <https://doi.org/10.11576/pflb-6588>
- Schilling, N., Goltz, J., Koisser, S., Demmer, C., Löser, J., & Werning, R. (2023). Gestufte digitale Lernhilfen als Professionalisierungskonzept für inklusiven Naturwissenschaftsunterricht. *Qualifizierung für Inklusion*, 17;5(2). doi: 10.21248/qfi.126
- 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*. Klinkhardt.
- Löser, J., Goltz, J., Schilling, N., Werning, R. (2024). Inklusiv-digitaler Naturwissenschaftsunterricht – Gestufte digitale Lernhilfen für das naturwissenschaftliche Experiment. In I. Bosse, K. Müller & D. Nussbaumer (Hrsg.), *Internationale und demokratische Perspektiven auf Inklusion und Chancengerechtigkeit*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Goltz, J., Kleinert, S. I., Koisser, S., Schilling, N., Demmer, C., Heinrich, M., Wilde, M., Werning, R. & Löser, J. (i. E.) (2025). Lehrkräftebildung für das inklusive Experiment. Digitale Diagnostiktools im Naturwissenschaftsunterricht. In K. Beck, R. Ferdigg, D. Katzenbach, J. Kett-Hauser, S. Laux & M. Urban, *Förderbezogene Diagnostik in der inklusiven Bildung. Kompetenzen – Entwicklungsdimensionen – Fachdidaktik (Förderbezogene Diagnostik in der inklusiven Bildung, Bd. 1)*. Waxmann.
- 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*.

#### Literaturverzeichnis

- Abels, S. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen und Inklusion. Inklusion durch Kompetenzorientierung? In S. Habig, (Hrsg.) *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Universität Duisburg-Essen.
- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments. What kind of support do they need in inquiry tasks? In *International Journal of Science Education* (36), 2719–2749.

- 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>
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2014). *Bildung in Deutschland 2014. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zur Bildung von Menschen mit Behinderungen*. 1. Auflage. Bertelsmann Verlag (Bildung in Deutschland, 2014). Online verfügbar unter <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/51990>.
- Bastian, J., & Aufenanger, S. (Hrsg.) (2017). *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien*. Springer Fachmedien.
- Bäuerlein, K., Brunner, S., Etter, B., Stebner, F., Weber, X.-L., Wirth, J., & Karlen, Y. (2023). Förderung der diagnostischen Kompetenz von Lehrpersonen im selbstregulierten Lernen. In R. Porsch & P. Gollub (Hrsg.), *Professionalisierung von Lehrkräften im Beruf. Stand und Perspektiven der Lehrkräftebildung und Professionsforschung* (S. 159-177). Waxmann.
- Bekel-Kastrup, H., Hamers, P., Kleinert, S.I., Haunhorst, D., & Wilde, M. (2020). Schüler\*innen werten selbstständig ein Experiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration (Osmose) aus. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2(1), 9–16. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3283>
- Belland, B.R., Kim, C., & Hannafin, M.J. (2013). A Framework for Designing Scaffolds That Improve Motivation and Cognition. *Educational Psychologist*, 48(4), 243–270. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.838920>
- 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)
- 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.
- Clarke, A. E. (2005). *Situational Analysis. Grounded Theory after the Postmodern Turn*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412985833>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Fleischer, T., Moser, S., Deibl, I., Strahl, A., Maier, S., & Zumbach, J. (2023). Digital Sequential Scaffolding during Experimentation in Chemistry Education—Scrutinizing Influences and Effects on Learning. *Education Sciences*, 13(8), 811. <https://doi.org/10.3390/educsci13080811>
- Flick, U. (1996). *Psychologie des technisierten Alltags*. Westdeutscher Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-05685-0>
- Flick, U. (2011). Das Episodische Interview. In G. Oelerich (Hrsg.), *Empirische Forschung und Soziale Arbeit* (S. 273–280). VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92708-4\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92708-4_17)
- Franke-Braun, G., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L., & Wodzinski, R. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen – ein besonderes Aufgabenformat zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. In Kasseler Forschungsgruppe (Hrsg.), *Lernumgebungen auf dem Prüfstand: Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten* (S. 27–42). University Press.
- 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 (Hrsg.), *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung* (S. 51-65). Verlag Julius Klinkhardt.
- Großmann, N., & Wilde, M. (2019). Experimentation in biology lessons: guided discovery through incremental scaffolds. In *International Journal of Science Education* 41(6), S. 759–781. DOI: 10.1080/09500693.2019.1579392.
- Guskey, T. R. (2000). *Evaluating professional development*. Corwin Press.
- Hamers, P., Bekel-Kastrup, H., Kleinert, S.I., Tegmeier, N., & Wilde, M. (2020). Schüler\*innen wiederholen selbstständig lineare Funktionen. Binnendifferenzierung im

- Mathematikunterricht durch gestufte Lernhilfen. *DiMawe – Die Materialwerkstatt*, 2(1), 17–22. <https://doi.org/10.4119/dimawe-3284>
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller, R. Lau, S. Bathe, R. Bernard & A. Kemper (Hrsg.). *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Beltz (Pädagogik). Online verfügbar unter [https://www.xn--studel-cua.de/schriften\\_ls/293%20amh\\_beltz.pdf](https://www.xn--studel-cua.de/schriften_ls/293%20amh_beltz.pdf).
- Hasselhorn, M., & Nagler, T. (2018). Individuelle Voraussetzungen erfolgreichen Lernens: Entwicklungsveränderungen und diagnostische Möglichkeiten. In B. Lütje-Klose, T. Riecke-Baulecke & R. Werning (Hrsg.), *Inklusion in Schule und Unterricht. Grundlagen in der Sonderpädagogik* (S. 299-320). Kallmeyer.
- 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.
- Helmke, A. (2016). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. *Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Kallmeyer.
- Herrle, M., Hoffmann, M., Proske, M. (2022). Unterrichtsgestaltung im Kontext digitalen Wandels: Untersuchungen zur soziomedialen Organisation Tablet-gestützter Gruppenarbeit. *Z Erziehungswiss* 25, S. 1389–1408.
- Hilbert, M. (2015). Digital Divide (s). In R. Mansell & P. H. Ang (Hrsg.). *The International Encyclopedia of Digital Communication and Society* (S. 1-7). JohnWiley & Sons, Inc.
- Jörissen, B. (2011). „Medienbildung“. Begriffsverständnisse und -reichweiten. In *Medienpädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* (20), 211–235.
- Kieserling, M., & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. *Chemistry Teacher International*.
- 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., Hülsmann, M., Offermann, M., & Wilde, M. (eingereicht). *Promoting Students' Experience of Competence and Intrinsic Motivation Through Digital Incremental Scaffolds When Experimenting in Biology Lessons*.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss der KMK vom 16.12.2004*. [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf)
- 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/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_12\\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf)
- Knoblauch, H. (2001). Fokussierte Ethnographie. *Sozialer Sinn* (2).
- Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (2017). Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten. Potenziale des Lernens mit Lösungsbeispielen und Experimentierboxen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 81–98. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0056-5>
- Kruse, J. (2015). *Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz. Unter Mitarbeit von Christian Schmieder. 2., überarbeitete und ergänzte Aufl.* Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden). Online verfügbar unter [http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok\\_id/1826665](http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm/bok_id/1826665).
- Lau, R., Heinrich, M., & Lübeck, A. (2019). Professionalisierung in Spannungsfeldern von Inklusion durch Fortbildung. *WE\_OS Jahrbuch, Bd. 2 Praxisforschung und Transfe* (S. 82-99). DOI: 10.4119/WE\_OS-3188.
- Leisen, J. (2003). *Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht*. DFU. Varus.

- Malecki, C. K., & Demary, M. K. (2002). Measuring perceived social support: Development of the child and adolescent social support scale (CASSS). *Psychology in the Schools*, 39(1), 1-18.
- Meier, M. & Kastaun, M. (2021). Lernunterstützungen als Werkzeug individualisierter Förderung im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess. In M. Meier, C. Wulff & K. Ziepprecht (Hrsg.), *Vielfältige Wege biologiedidaktischer Forschung. Vom Lernort Natur über Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zur Lehrerprofessionalisierung* (S. 95–116). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830991182>
- 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.
- Müller, C., Blömeke, S., & Eichler, D. (2006). Unterricht mit digitalen Medien – zwischen Innovation und Tradition? Eine empirische Studie zum Lehrerhandeln im Medienzusammenhang. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 632–650. doi: 10.1007/s11618-006-0172-3
- Prenzel, A. (2016). Didaktische Diagnostik als Element alltäglicher Lehrarbeit–„Formatives Assessment“ im inklusiven Unterricht. In B. Amrhein (Hrsg.). *Diagnostik im Kontext inklusiver Bildung. Theorien, Ambivalenzen, Akteure, Konzepte* (S. 49-63). Klinkhardt.
- Reckwitz, A. (2019). *Die Gesellschaft der Singularitäten: Zum Strukturwandel der Moderne*. Suhrkamp.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory. Basic psychological needs in motivation, development and wellness*. The Guilford Press.
- 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>
- Schuldt, A., Lütje-Klose, B., Streblow, L. & Heinrich, M. (2023). Inklusionssensible Lehrer\*innenbildung goes digital. Forschung, Entwicklung und Strukturbildung von digitalisierten Aus-, Fort- und Weiterbildungsangeboten an der Universität Bielefeld. *Qfi – Qualifizierung für Inklusion*, 5(2). <https://doi.org/10.21248/qfi.113>
- Schulz, L. (2021). Diklusive Schulentwicklung. Erfahrungen und Erkenntnisse der digital-inklusive Multiplikatorinnen und Multiplikatoren ausbildung in Schleswig-Holstein. In *MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung. Themenheft Nr. 41*, (inklusive digitale Bildung), 32–54. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.21240/mpaed/41/2021.02.03.X>.
- Souvignier, E., & Gold, A. (2004). Lernstrategien und Lernerfolg bei einfachen und komplexen Leistungsanforderungen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 51, 309–318.
- Stiller, C., & Wilde, M. (2021). Einfluss gestufter Lernhilfen als Unterstützungsmaßnahme beim Experimentieren auf den Lernerfolg im Biologieunterricht. In *Z Erziehungswiss* 24(3), S. 743–763. DOI: 10.1007/s11618-021-01017-4.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Methe, J., & Hoffmann, T. et al. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL* (3), 30–45.
- Stinken-Rösner, L., Weidenhiller, P., Nerdel, C., Weck, H., Kastaun, M. & Meier, M. (2023). Inklusives Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht digital unterstützen. In D. Ferencik-Lehmkuhl, I. Huynh, C. Laubmeister, C. Lee & C. Melzer (Hrsg.), *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2010). *Grounded Theory. Grundlagen Qualitativer Sozialforschung*. Beltz PVU.
- Thiersch, S., & Wolf, E. (2021). Pädagogische Assimilationen. Regulierungs- und Optimierungspraktiken in Tablet-Klassen. In N. Brieden, H. Mendl & O. Reis (Hrsg.), *Religion lernen. Jahrbuch*

- für konstruktivistische Religionsdidaktik: Bd. 12. Digitale Praktiken* (S. 23–47). Lehmanns Verlag.
- Thomas, S. (2019), *Ethnografie. Eine Einführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden (SpringerLink Bücher).
- Urban, M., Becker, J., Werning, R., Löser, J., Arndt, A.-K., & Heinrich, M. (2018). Reflexion, Leistung & Inklusion. Qualifizierungserfordernisse für einen reflexiven Umgang mit Leistung in der inklusiven Sekundarstufe. *WE\_OS Jahrbuch, 1 Diversität, Leistung & Inklusion*, 84-105. DOI: 10.4119/WE\_OS-1109.
- Walm, M., Schultz, C., Häcker, T., & Moser, V. (2017). 'Diagnostik und Leistungsbewertung im Dienste des Lernens' – Theoretische Perspektiven auf ein inklusives Entwicklungsfeld ['Assessment and performance assessment in support of learning' – Theoretical perspectives on an inclusive development field]. *Leistung inklusive*, 113-120.
- Watkins, A. (Hrsg.) (2007). *Assessment in Inclusive Settings. Key Issues for Policy and Practice*. European Agency for Development in Special Needs.
- Werning, R., & Lütje-Klose, B. (2016). *Einführung in die Pädagogik bei Lernbeeinträchtigungen* (4., überarb. Aufl.). Reinhardt utb. <https://doi.org/10.36198/9783838547268>
- Werning, R., & Arndt, A.-K. (2017). Anmerkungen zur Entwicklung der schulischen Interaktion in Niedersachsen. *Zeitschrift für Inklusion 2*.
- Werning, R. (2020). Inklusive Didaktik. Adaptiven Unterricht realisieren. *SCHULE inklusiv 8*.
- Zimmerman, B.J., & Kitsantas, A. (1996). Self-Regulated Learning of a Motoric Skill: The Role of Goal Setting and Self-Monitoring. *Journal of Applied Sport Psychology*, 8(1), 60–75. <https://doi.org/10.1080/10413209608406308>