

# Sonderpädagogische Förderung *heute*

 4. BEIHEFT

## Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion

Simone Abels | Sarah Hundertmark |  
Andreas Nehring | Robin Schildknecht |  
Vanessa Seremet | Xiaokang Sun (Hrsg.)

Sarah Hundertmark | Xiaokang Sun | Simone Abels | Andreas Nehring |  
Robin Schildknecht | Vanessa Seremet | Christian Lindmeier (Hrsg.)  
Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion



Sarah Hundertmark | Xiaokang Sun |  
Simone Abels | Andreas Nehring |  
Robin Schildknecht | Vanessa Seremet |  
Christian Lindmeier (Hrsg.)

# Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion

4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung  
*heute*

**BELTZ** JUVENTA

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme.



Dieses Buch ist erhältlich als:  
ISBN 978-3-7799-6496-4 Print  
ISBN 978-3-7799-5817-8 E-Book (PDF)

1. Auflage 2021

© 2021 Beltz Juventa  
in der Verlagsgruppe Beltz · Weinheim Basel  
Werderstraße 10, 69469 Weinheim  
Alle Rechte vorbehalten

Herstellung: Myriam Frericks  
Satz: Helmut Rohde, Euskirchen  
Druck und Bindung: Beltz Grafische Betriebe, Bad Langensalza  
Printed in Germany

Weitere Informationen zu unseren Autor\_innen und Titeln finden Sie unter: [www.beltz.de](http://www.beltz.de)

# Inhalt

## Praxisprojekte

- Alexander Küpper und Hannah Weck*  
Experimentelle Unterrichtsphasen im inklusiven Physikunterricht  
mit digitalen Medien gestalten 10
- Björn Risch, Lara-Sophie Klein, Christoph Dönges und Markus Scholz*  
BNE-spezifische Experimentierangebote für heterogene Lerngruppen  
zu ausgewählten Sustainable Development Goals 26
- Tobias Mahnke*  
Chemie be-greifen: Erfahrungen im Unterrichten blinder Schülerinnen  
und Schüler vom Anfangsunterricht bis zur Abiturprüfung 43
- Susanne Eßer und Jens Austermann*  
Sachlogische Differenzierung des Gemeinsamen Lerngegenstandes  
im inklusiven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Fachunterricht  
der Sek. I – Lernstrukturgitter und das „Wember-Modell“ als  
Planungshilfen nutzen 62
- Lars Greitemann, Thomas Baumann, Monika Holländer,  
Mats Kieserling, Franziska Zimmermann und Insa Melle*  
Digitale Lehr- und Lernformate für den Chemieunterricht  
in heterogenen Lerngruppen 83
- Katja Weirauch, Claudia Schenk, Christoph Ratz und Christiane Reuter*  
Experimente gestalten für inklusiven Chemieunterricht. Erkenntnisse  
aus dem interdisziplinären Lehr- und Forschungs-Projekt  
,Chemie all-inclusive‘ (Chai) 101

## Grundlegende fachliche Diskurse

- Michaela Oettle, Silke Mikelskis-Seifert, Katja Scharenberg und Wolfram Rollett*  
Das Freiburger Modell der kontextorientierten Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven Physikunterricht 118
- Melanie Basten, Laura Ferreira González, Lisa-Maria Kaiser und Silvia Fränkel*  
Inklusiver Biologieunterricht – Das Potenzial von fachspezifischen Charakteristika für die diversitätssensible kompetenzorientierte Unterrichtsplanung 133
- Laura Sührig, Katja Hartig, Albert Teichrew, Jan Winkelmann, Roger Erb, Holger Horz und Mark Ullrich*  
Experimente im inklusiven Physikunterricht: Was sagen Lehrkräfte? 147
- Lisa Stinken-Rösner und Simone Abels*  
Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik 161
- Robin Schildknecht, Sarah Hundertmark, Vanessa Seremet, Xiaokang Sun, Sandra Nitz, Alexander Kauertz, Bettina Lindmeier, Christian Lindmeier und Andreas Nehring*  
Entwicklung eines Kompetenzmodells zur multiprofessionell-kooperativen Gestaltung von inklusivem Naturwissenschaftsunterricht 176
- Laura Ferreira González, Larissa Fühner, Laura Sührig, Hannah Weck, Katja Weirauch und Simone Abels*  
Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts 191

## Empirische Beiträge

- Claudia Schenk und Christoph Ratz*  
Was befindet sich im Inneren des menschlichen Körpers? Vorstellungen von Kindern und Jugendlichen mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt geistige Entwicklung 216

<i>René Schroeder, Joana Ernst, Rebecca Hummel, Susanne Miller, Mona Stets und Katrin Velten</i> „Wieso wird der Mond immer weniger?“ – Fachliches Lernen im inklusionsorientierten Sachunterricht entlang von Schüler*innenfragen	234
<i>Felix Pawlak und Katharina Groß</i> Welche Classroom-Management-Strategien sind für das Gemeinsame Experimentieren bedeutsam? – Eine qualitative Interviewstudie mit Fachseminarleiter*innen	249
<i>Larissa Fühner und Susanne Heinicke</i> Erst inklusiv dann exklusiv – Experimentelle Unterrichtsphasen in einem inklusiven Physikunterricht: Eine Fallanalyse	266





# Praxisprojekte

Alexander Küpper und Hannah Weck

# Experimentelle Unterrichtsphasen im inklusiven Physikunterricht mit digitalen Medien gestalten

**Zusammenfassung:** Experimente im Physikunterricht üben eine besondere Faszination auf eine Vielzahl der Lernenden aus. Barrieren, die aus Wechselwirkungen zwischen Lernenden und Lernumgebung entstehen, können jedoch der eigenen Erfahrung nach schnell dazu führen, dass sich diese Faszination in Frustration umwandelt. Für die Partizipation aller Lernenden ist es daher notwendig, diese Barrieren zu reduzieren oder sogar zu vermeiden, wobei sich hierzu digitale Medien anbieten. Nach einem generellen Problemaufriss zur Verwendung digitaler Medien im Unterricht werden im Beitrag profunde Gedanken zum Experimentieren mit Tablets im inklusiven Physikunterricht präsentiert. Im Anschluss werden zwei, im Sinne des Design-Based Research-Ansatzes entwickelte, Lehr-Lern-Settings vorgestellt, bei denen Lernende von Tablets unterstützt experimentieren und auf diese Weise stärker partizipieren können.

**Schlagwörter:** Inklusion, Physikunterricht, Tablets, Abbau von Barrieren, Partizipation

## Design experimental teaching phases in inclusive physics education with digital media

**Abstract:** Experiments in physics education fascinate many learners in particular. From our point of view, barriers, which arise in the interplay between the learner and the learning environment, can quickly lead to turn this fascination into frustration. For the participation of all learners, it is therefore necessary to minimize or even avoid those barriers, which digital tools are suitable for. After a general outline of the problem of using digital tools in classes, the article presents profound thoughts on experimenting with tablets in inclusive physics education. Subsequently, two teaching-learning-settings, developed in terms of the design-based-research ap-

proach, are presented, in which learners can experiment with tablets and thus participate more.

**Keywords:** inclusion, physics education, tablets, reducing barriers, participation

## 1. Experimentieren im inklusiven Physikunterricht

Das Konzept der Scientific Literacy beinhaltet, dass eine gesellschaftliche Partizipationsfähigkeit des\*der Einzelnen als wichtiges Ziel naturwissenschaftlicher Bildung angesehen wird. Daher erscheint es Kircher (2015a) selbstverständlich, legitim und notwendig, dass naturwissenschaftliche bzw. physikalische Bildung keinem Menschen vorenthalten bleibt und alle Lernenden mit Kompetenzen ausgestattet werden, damit sie als Erwachsene in einer von Wissenschaft geprägten Welt zurechtkommen sowie kompetent an Entscheidungen teilnehmen können, die naturwissenschaftliche Probleme der Gesellschaft betreffen (vgl. ebd.).

In der naturwissenschaftlichen Bildung wiederum kommt dem Experiment als Methode der Erkenntnisgewinnung eine besondere Rolle zu (vgl. Emden, Hübinger & Sumfleth, 2010), damit Lernende Kompetenzen im Gebrauch der naturwissenschaftlichen Methoden entwickeln (vgl. Engeln & Euler, 2005). Deshalb sind (Schüler\*innen-)Experimente ein fester Bestandteil des Physikunterrichts, deren herausragender didaktischer Stellenwert seit den Meraner Beschlüssen von 1905 unbestritten ist (vgl. Kircher, 2015b).

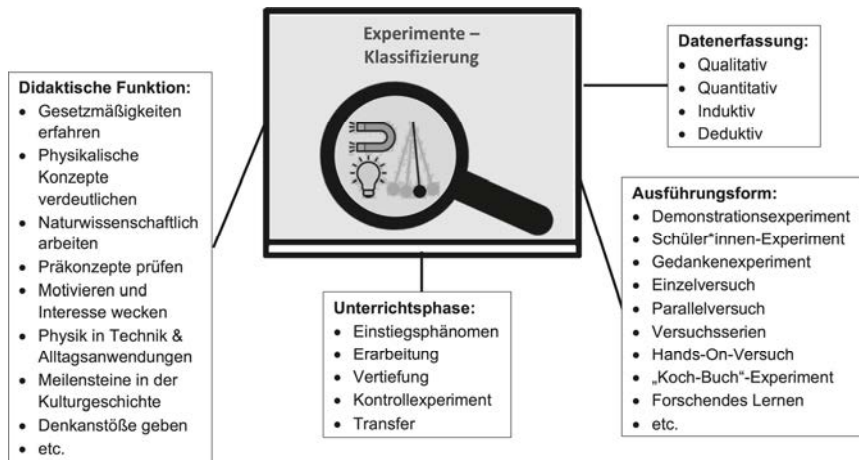


Abb. 1: Klassifizierung von Experimenten in Anlehnung an Girwidz (2015)

In der Schulpraxis lassen sich Experimente unterschiedlich klassifizieren und es werden „unterschiedliche methodische Möglichkeiten und/oder Anforderungsprofile [mit ihnen] verknüpft“ (Girwitz, 2015, S. 233). Deshalb ist es hilfreich, die verschiedenen Formen zu unterscheiden sowie die Funktion(en), die ein Experiment im Lernprozess erfüllen kann bzw. soll. Für eine eindeutige Identifizierung ist es obligatorisch, dass ein Experiment in Bezug auf mehrere Aspekte (z. B. didaktische Funktion, Ausführungsform usw.) klassifiziert wird (ebd.). Eine Übersicht der verschiedenen Aspekte ist in Abb. 1 dargestellt.

Experimente können sich u. a. auch durch ein unterschiedliches Maß an Verantwortung auszeichnen, die an die Lernenden abgegeben wird (vgl. z. B. Bonnstetter, 1998). Im Sinne des Inquiry Based Learning (IBL), das sich nach der Europäischen Kommission (2007) bzw. Abels (2015) auch für heterogene bzw. inklusive Lerngruppen eignet, durchlaufen die Lernenden die experimentellen Phasen Thema, Fragestellung, Materialien, Durchführung, Beobachtungen und Auswertung sowie Schlussfolgerungen (vgl. Tab. 1). Dabei kann nicht erwartet werden, dass alle Lernenden von Beginn an die volle Verantwortung für alle genannten Phasen im Sinne des „Student Research“ übernehmen (Bonnstetter, 1998). Daher schlägt z. B. Bonnstetter (ebd.) ein Stufenmodell vor (vgl. auch Abels, 2015).

Tab. 1: Modell zum IBL nach Bonnstetter (1998)

	<b>Traditional hands-on</b>	<b>Structured</b>	<b>Guided</b>	<b>Student Directed</b>	<b>Student Research</b>
<b>Topic</b>	teacher	teacher	teacher	teacher	teacher / student
<b>Question</b>	teacher	teacher	teacher	teacher / student	student
<b>Materials</b>	teacher	teacher	teacher	student	student
<b>Procedures / Design</b>	teacher	teacher	teacher / student	student	student
<b>Results / Analysis</b>	teacher	teacher / student	student	student	student
<b>Conclusions</b>	teacher	student	student	student	student

Ferner kann, je nach Stufe im IBL, ein Scaffolding in Form von „soft scaffolds“ (Saye & Brush, 2002, S. 82), d. h. spontaner Unterstützung durch die Lehrkraft, oder „hard scaffolds“ (ebd., S. 82) – materielle Unterstützung, z. B. in Form von gestuften Lernhilfen – eingesetzt werden, um den Cognitive Load zu reduzieren (vgl. z. B. Abels, 2015; Arnold, Kremer & Mayer, 2017). Insbesondere können auf diese Weise sprachliche, kognitive oder motorische Barrieren reduziert werden. Dies erscheint insbesondere für

Experimente relevant, weil von ihnen eine besondere Faszination ausgeht (vgl. Kircher, 2015c) und zu hohe Barrieren aus eigener Erfahrung schnell dazu führen können, dass sich diese Faszination in Frustration umwandelt.

Dieser Beitrag zeigt daher auf, wie sich mit digitalen Medien in Form von Tablets beim Experimentieren Barrieren für Lernende mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf reduzieren und gleichzeitig individuelle Zugänge zum Experiment schaffen lassen können.

## 2. Digitale Medien im Unterricht

Digitale Medien sind heute aus dem Alltag von Kindern und Jugendlichen kaum noch wegzudenken und können diesen nicht nur bereichern, sondern auch gewinnbringend im Unterricht genutzt werden, da deren Verwendung u. a. einen Einfluss auf die Motivation der Lernenden haben kann (z. B. Eickelmann, 2010; Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017). Nach Gerick, Schaumburg, Kahnert und Eickelmann (2014) sehen Lehrkräfte darüber hinaus den Mehrwert digitaler Medien im Zugang zu besseren bzw. andersartigen Informationsquellen und der stärkeren Berücksichtigung individueller Lernniveaus. Durch Multimodalität und Multimedialität können digitale Medien die für den inklusiven Unterricht notwendigen variierenden Aufgabenstellungen und Hilfen bieten (vgl. Bosse, 2018). So kann z. B. das Experimentieren individuell nach Leistung, Lerngeschwindigkeit oder Interesse differenziert und somit gefördert werden (vgl. Probst, Seibert & Huwer, 2020). Ferner wirken sich digitale Medien positiv auf den Lernerfolg aus, wobei dieser z. B. dann höher ist, wenn digitale Medien ergänzend zu analogen Verwendung finden (Hillmayr et al., 2017). Ferner lassen sich mit digitalen Medien grundsätzlich auch überfachliche Kompetenzen, wie z. B. die Selbststeuerung, fördern.

Den naturwissenschaftlichen Unterricht können Tablets insbesondere als Experimentier- und Arbeitsmittel bereichern (vgl. Kuhn et al., 2015). Neben der Möglichkeit, Tablets als Messinstrument zu nutzen, eignen sie sich auch als „Taschenrechner, Zeichen- und Schreibblock und können mit ihren vielfältigen integrierten Funktionen und Apps auch den experimentellen Erkenntnisprozess unterstützen“ (Nerdel, 2017, S. 209). Nach Kuhn (2018) ermöglicht ferner die intuitive Bedienbarkeit von Apps, dass sich die Lernenden stärker auf die physikalischen Inhalte fokussieren sowie Selbstwirksamkeit, eigene Stärken und neue Handlungs-, Kommunikations- und Erfahrungsräume entdecken und erleben können (vgl. Pola & Koch, 2019).

Dies wird in einer Metastudie zum Einsatz digitaler Medien bestätigt: Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass deren Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht „insgesamt als gewinnbringend bezeichnet wer-

den kann“ (Hillmayr et al., 2017, S. 9) und höhere positive Effekte auf die Lernleistung zu konstatieren sind, wenn Lernprogramme adaptiv sind (ebd.).

### **3. Mit digitalen Medien im bzw. am (inkluisiven) Physikunterricht partizipieren**

Der Einsatz geeigneter digitaler Medien im Unterricht wird u. a. auch von der UN-Behindertenrechtskonvention (2009) gefordert, um das Recht auf eine gleichberechtigte Teilnahme am öffentlichen Schulleben für jeden zu realisieren. Daher und vor dem Hintergrund einer steigenden Diversität der Lerngruppen gehört die Frage, wie Medien zur Individualisierung und Differenzierung beitragen können, zur aktuellen Forschungslage (vgl. Schaumburg & Prasse, 2019).

Im sonderpädagogischen Kontext spielen digitale Medien nach Liesen und Rummler (2016) insbesondere in drei Dimensionen eine wesentliche Rolle: Barrierefreiheit, Assistieren und Fördern. Die ersten beiden Aspekte, Barrierefreiheit und Assistieren, beziehen sich vor allem auf gesellschaftliche Teilhabe, die dritte Dimension auf Bildungs- und Erziehungsziele (ebd.). Digitale Medien bieten, im Vergleich zu klassischen, erweiterte Möglichkeiten, „spezifische Leistungsdefizite zu kompensieren [...] und Mitarbeit im Unterricht“ (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 197) zu erleichtern, da Lernprozesse durch digitale Medien sowohl nach oben als auch nach unten optimaler differenziert (Hillmayr et al., 2017) sowie adaptiver, heterogener und multimodaler gestaltet werden können (Welling, 2017) „damit die [Lernenden] die Möglichkeit [durch die Reduktion von Barrieren] erhalten, besser am Unterricht zu partizipieren“ (Schaumburg & Prasse, 2019, S. 197).

Insgesamt ist zu betonen, dass nicht ausschließlich der\*die Lernende die Barrieren darstellt, erzeugt oder mitbringt. Vielmehr entstehen exklusive Elemente bzw. Barrieren in Lernprozessen u. a. durch das Zusammenspiel von Lernenden und der Lernumgebung (Booth & Ainscow, 2017). Mögliche auf das System Schule bzw. die Lernenden bezogene Barrieren im (experimentellen) Physikunterricht sind von den Autor\*innen dieses Beitrags durch informelle Lehrkräftebefragungen ermittelt worden und exemplarisch in Abb. 2 dargestellt. Um diese zu reduzieren oder sogar zu vermeiden, können z. B. multimediale Materialien in Form von Arbeitsblättern, Animationen oder Schritt-für-Schritt-Anleitungen bei Aufgaben und Experimenten im inklusiven Naturwissenschaftsunterricht eingesetzt werden (vgl. Probst, Seibert & Huwer, 2020).

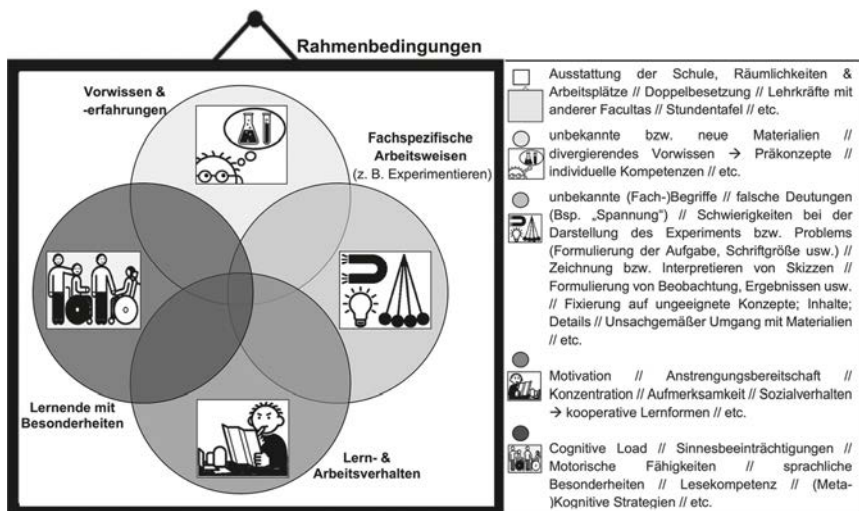


Abb. 2: Auswahl an möglichen Barrieren im (experimentellen) Physikunterricht

## 4. Zwei Praxisprojekte für den Physikunterricht

In diesem Abschnitt werden die Praxisprojekte „Wir bauen eine Batterie“ und „Mit dem Licht durch unser Sonnensystem und darüber hinaus“ vorgestellt, die im Sinne des Design-Based Research-Gedankens (kurz DBR; DBRC, 2003) in mehreren Iterationen aus den erhobenen Daten bzw. gewonnenen Erfahrungen und identifizierten Problemen (Edelson, 2002) kontinuierlich weiterentwickelt wurden. Dabei bietet DBR die Möglichkeit, neben der Formulierung lokaler Theorien, geeignete Unterrichtsmaterialien und -konzepte zu evaluieren, um sie darauf basierend zu optimieren und (weiter) zu entwickeln (DBRC, 2003).

Beide hier präsentierten Praxisprojekte nutzen Tablets als non-personelle Hilfe (Wocken, 2013) zum Abbau von Barrieren bzw. zur Unterstützung der Lernenden beim Experimentieren im Unterricht. Das jeweilige Projekt wird zunächst kurz präsentiert, bevor Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet werden.

### 4.1 „Wir bauen eine Batterie“

Beim Unterrichtsvorhaben „Wir bauen eine Batterie“ sind die Versuchsanleitungen als eBook gestaltet. Dieses umfasst sechs Einheiten, in denen die Lernenden in Einzelarbeit zuerst eine galvanische Zelle bauen und einen „Verbraucher“ anschließen, in diesem Fall einen Motor. In den weiteren Einheiten wird die Polung der galvanischen Zelle untersucht, Variablen



verändert (Elektrolyt bzw. Elektroden), verschiedene „Verbraucher“ verwendet und am Ende mehrere galvanische Zellen in Reihe geschaltet, d. h. eine Batterie gebaut. Während der Einheiten werden im Sinne der Inquiry Phasen „Structured“ bzw. „Guided“ (Bonnstetter, 1998) die Fragestellungen und Hypothesen entweder vorgegeben oder mit den Lernenden gemeinsam entwickelt. Während der anschließenden Experimentierphase führen die Lernenden selbstständig mit dem eBook die Versuche durch und dokumentieren ihre Beobachtungen, wobei die Materialien sowie die abhängigen und unabhängigen Variablen vorgegeben und die Protokolle vorstrukturiert sind. Die Ergebnisse werden von den Lernenden entweder selbstständig, gemeinsam oder mit Unterstützung der Lehrkraft analysiert.



Abb. 3: Exemplarische Seite des eBooks mit mehreren Repräsentationsmitteln

Um der Diversität der Lernenden im Bildungsgang ‚Geistige Entwicklung‘ in den betrachteten Lerngruppen adäquat zu begegnen, wurden im Sinne von Nehring, Abels, Rott und dem Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (2019) geeignete fachdidaktische Ansätze und personenspezifische Materialien synergetisch miteinander verknüpft. Jede\*r Lernende erhält ein Tablet mit eBooks, die neben einem Text z. B. noch farbliche Signale (Color Coding), Audiodateien, Videos als Tutorials oder Fotos beinhalten, die von den Lernenden je nach Bedarf genutzt werden können (s. Abb. 3). Die eBooks werden mit analogen Medien, wie Experimentiermaterialien bzw. Arbeitsblättern, gekoppelt.

Beim Design der eBooks und des analogen (Begleit-)Materials wurden Gestaltungsprinzipien aus der Physikdidaktik, der Medienpädagogik und der allgemeinen Pädagogik zu Grunde gelegt, um autonome(re)s Handeln bei den Lernenden zu realisieren (vgl. Stöppler & Wachsmuth, 2010) und somit Partizipation zu erleichtern. Da die Intervention im Bildungsgang

Geistige Entwicklung eingesetzt wurde und die verschiedenen Diversitätsdimensionen unterschiedliche Unterstützungen benötigen (vgl. Bosse, 2018), sind auch Gestaltungsprinzipien aus der Geistigbehindertenpädagogik berücksichtigt worden. Im Sinne des DBR-Gedankens wurden diese (Begleit-)Materialien durch Pilotstudien und Mikro- sowie Mesozyklen in Iterationen und unter Berücksichtigung von Feedbacks der beteiligten Lehrkräfte bzgl. der Gestaltungsprinzipien weiterentwickelt. Zur besseren Verständlichkeit der eBooks sollen z. B. Fotos mit den tatsächlichen Materialien übereinstimmen (z. B. Marke der Salzverpackung), einige Symbole und Piktogramme durch eindeutigerer ausgetauscht sowie eine step-by-step-Version als Auswahloption bereitgestellt werden. Die handlungsbezogenen Angebote, der multimediale bzw. multimedialer Zugang, die Verwendung Leichter Sprache und die damit verbundene Wahlmöglichkeit der Repräsentationsform sollen hingegen beispielsweise unbedingt beibehalten werden. Das Ziel war dabei, den Inhalt der eBooks, d. h. die Experimentieranleitungen, aber auch das Medium selbst, im Sinne des Universal Designs for Learning, barriereärmer zu gestalten, d. h. optimaler an die Bedürfnisse der Lernenden anzupassen.

## 4.2 „Mit dem Licht durch unser Sonnensystem und darüber hinaus“

In der Lernumgebung „Mit dem Licht durch unser Sonnensystem und darüber hinaus“ erwerben die Lernenden über einen Zeitraum von 10–12 Unterrichtsstunden anhand eines Arbeitshefts im Sinne des Team-Kleingruppen-Modells (Schulz-Wensky, 1996) die in Abb. 5 genannten Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen in experimentellen sowie Übungs- und Anwendungsphasen. Unterstützt werden die Lernenden von ihren Gruppenmitgliedern, aber auch von einem (digitalen) Hilfesystem (vgl. Küpper, Hennemann & Schulz, 2020b). Dieses wurde im Sinne des DBR-Gedankens im Laufe der Iterationen von einem analogen Hilfesystem in Form von gedruckten Hilfekarten – ähnlich dem bei Franke-Braun (2008) bzw. Wodzinski (2013) oder Abels (2015) – zu einem digitalen Hilfesystem weiterentwickelt und an die ermittelten Bedürfnisse der Lernenden angepasst (Küpper et al., 2020a; 2020b). Dabei wurden die identifizierten Probleme, im Sinne von Problemanalysen (Edelson, 2002), und Wünsche der Lehrkräfte bei der Weiterentwicklung explizit berücksichtigt. Beispiele hierfür sind der Wunsch nach der Integration von Videos zur Durchführung möglicher Experimente, die Nutzung einer Vorlesefunktion oder die Problematik, dass die Lernenden Begriffe wie Vermutung häufig bereits beim nächsten Experiment nicht (mehr) kennen und diese Begriffe entsprechend bei

jedem Experiment in den digitalen Hilfen wiederholt werden sollten (Küppler et al., 2020b). Ferner wurden die Ergebnisse von Schüler\*innen-interviews beachtet, die von Studierenden der Universität zu Köln mit fünf Lernenden mit dem Förderschwerpunkt Lernen geführt wurden (Bonacker, Körner & Weyers, 2019). Die Begründung für die Wahl dieses Förderschwerpunkts liegt dabei darin, dass diese Schüler\*innengruppe den größten Anteil an Lernenden mit diagnostiziertem Förderbedarf in NRW ausmacht (MSB NRW, 2020) und die vorherigen Zyklen im Design-Based Research-Projekt aufgezeigt haben, dass diesen Lernenden explizit noch einmal größere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Dabei hat sich u. a. herausgestellt, dass die digitalen Lernhilfen auch soziale Aspekte, wie z. B. die explizite Aufforderung zum Austausch in der Kleingruppe, enthalten sollten (Bonacker et al., 2019). Ferner sei angemerkt, dass in den beteiligten Lerngruppen, anders als im 1. Praxisprojekt, keine Lernenden mit dem Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung unterrichtet wurden.

In den insgesamt 12 Experimenten in der Lernumgebung werden im Sinne der Phasen „Student Directed Inquiry“ bzw. „Student Research“ (Bonnstetter, 1998) entweder Problemstellungen vorgegeben (Experiment 1 bis 11) oder von den Lernenden selbst formuliert (Experiment 12). Im Anschluss an die ausformulierte Problemstellung erhalten die Lernenden zur Strukturierung ihrer Vorgehensweise ein Versuchsprotokoll (vgl. Abb. 4). In den einzelnen Phasen des Versuchsprotokolls befinden sich jeweils QR-Codes. Werden diese mit einem Tablet gescannt, gelangen die Lernenden jeweils zu den entsprechend gestuften Lernhilfen auf der Website [www.mitdemlichtdurchunserersonnensystem-hilfen.de](http://www.mitdemlichtdurchunserersonnensystem-hilfen.de). Man beachte, dass diese Hilfen nur über den jeweiligen QR-Code erreicht werden. Ein reines Aufrufen der Website führt nicht zu den Hilfen (vgl. Küppler et al., 2020b).

Je nach Phase im Experiment (Aufstellen der Vermutung, Materialauswahl treffen, Durchführung planen, Beobachtung sowie Rückbezug auf die Vermutung und Beantwortung der Forschungsfrage) wurden ähnlich wie bei Abels (2015) für die Lernenden unterschiedliche Formen an Hilfen entwickelt, wobei anders als z. B. bei Franke-Braun (2008) oder Wodzinski (2013) keine Frage- und Antwortkarten genutzt wurden. Vielmehr wurden den Lernenden sprachliche, inhaltliche oder lernstrategische Anregungen gegeben, wobei diese durch die Verwendung von Text, Bild, Audiospur bzw. Video unterschiedliche Sinneskanäle ansprechen. Auf diese Weise wird das Ziel verfolgt, dass die Lernenden einen Teil der Verantwortung für den Experimentierprozess im Sinne des „Student Directed Inquiry“ bzw. „Student Research“ (Bonnstetter, 1998) an die Hilfen übertragen können, sodass individuell antizipierte Barrieren behoben werden können. Weitere Beispiele für denkbare Hilfen findet man z. B. bei Tschentscher und Kulgemeyer (2014) oder Bonacker et al. (2019).

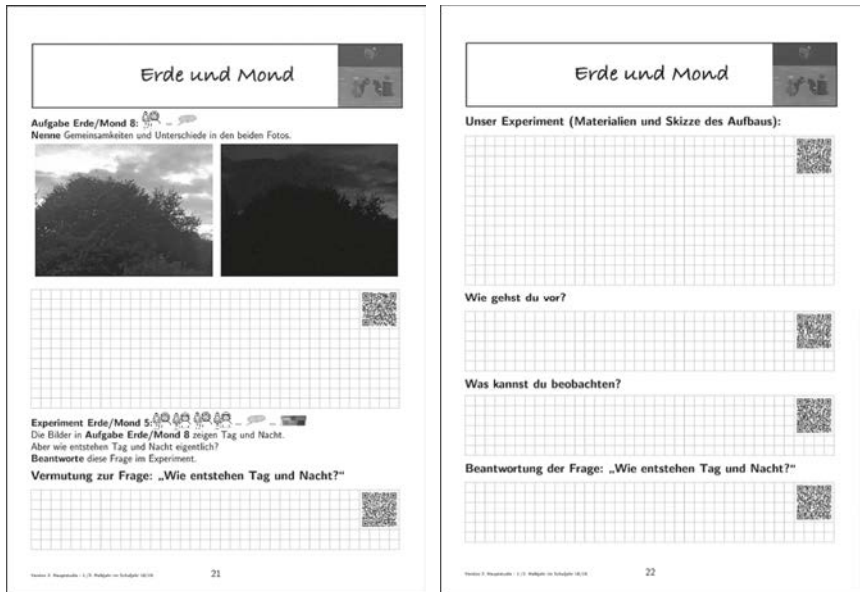


Abb. 4: Doppelseite im Arbeitsheft zum Thema Tag und Nacht

### 4.3 Parallelen in beiden Projekten

Beide Praxisprojekte nutzen digitale Medien in Form von Tablets im Physikunterricht. Sie unterscheiden sich jedoch durch die Rahmenbedingungen (fachlicher Inhalt, Art der Experimente, Zielgruppe usw.) bzw. den genauen Einsatz. Daher zeigt Abb. 5 eine vergleichende Übersicht über die beiden Praxisprojekte.

In beiden Projekten wird ein Vorteil digitaler Medien gegenüber analogen Medien (vgl. Abels, 2015; Arnold et al., 2017) genutzt, indem u. a. Videos über die Durchführung (möglicher) Experimente integriert werden. Multiple Repräsentationsformen sollen helfen, den diversen Anforderungen der Lernenden gerecht zu werden (vgl. Bosse, 2018), indem sie z. B. die Möglichkeit eröffnen, sich Texte vorlesen zu lassen und so den Lernprozess zu individualisieren. Sprachliche Hilfen unterstützen die Lernenden bei der Formulierung bzw. Fixierung der Beobachtungen und Ergebnisse, wodurch ebenso Barrieren reduziert werden können (Leisen, 2016). Gleichzeitig verfolgen beide Projekte das Ziel, durch die Tablets als non-personale Hilfen (vgl. Wocken, 2013) die Selbstständigkeit der Lernenden durch die anti-zipierte Barrierenreduktion zu erhöhen.

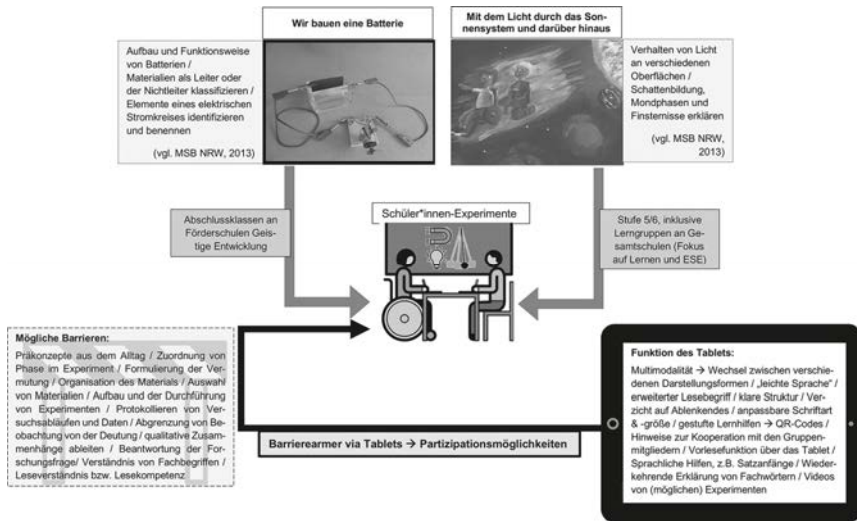


Abb. 5: Vergleichende Übersicht über die beiden Projekte

Durch die Verwendung der digitalen Medien geben die Lernenden die Verantwortung für den Lernprozess ab und reduzieren somit den Cognitive Load (vgl. auch Arnold et al, 2017). Gleichzeitig ist es nur schwer möglich, neben der Angleichung von Vorwissen sowie dem (individuellen) Maß an Unterstützung, adäquate Impulse so zu entwickeln, dass im Arbeitsgedächtnis Kapazität fürs Lernen freigehalten wird (Sweller, 2010). Dies ist insbesondere herausfordernd, wenn die Lernenden sich ein Experiment auf verschiedenen Aneignungsebenen erschließen oder sogar selbst unterschiedliche oder eigene Experimente planen. Es ist jedoch möglich, ein (Beispiel-)Experiment – z. B. in Form eines Videos – zu präsentieren.

Mit der Nutzung des digitalen Hilfesystems ist im Sinne des Modells dualer Unterrichtsplanung (z. B. Urban & Leidig, 2017) neben einer Förderung der Kompetenzen zum Umgang mit Fachwissen auch eine Förderung der Selbstständigkeit intendiert. Einerseits wird eine Förderung der Selbstständigkeit explizit im Referenzrahmen Schulqualität für NRW gefordert (MSB NRW, 2015), andererseits kann durch eine Förderung der Selbstständigkeit die Lehrkraft entlastet werden (Wocken, 2013). Auf diese Weise kann sich die Lehrkraft intensiver den Problemen einzelner Lernender bzw. Kleingruppen kümmern und sie mit „soft scaffolds“ (Saye & Brush, 2002, S. 82) unterstützen. Ferner lässt sich das digitale Hilfesystem leicht und schnell an die Charakteristika der jeweiligen Lerngruppen anpassen und die motivierende Wirkung des Tablets nutzen, wobei diesbezüglich der Neuheitseffekt (Hillmayr et al., 2017) digitaler Medien berücksichtigt werden muss.

## 5. Ausblick

Die beiden Praxisprojekte zeigen zwei Möglichkeiten bzw. Ideen auf, wie sich Barrieren, die durch Wechselwirkungen zwischen Lernenden und Lernumgebung entstehen (können), im experimentell geprägten Physikunterricht reduzieren lassen.

Es ist es jedoch nicht das Ziel, alle Herausforderungen komplett aufzuheben, da diese eine wichtige Voraussetzung innerhalb des Lernprozesses sind. Sie zu überwinden, markiert häufig eine natürliche und wichtige Etappe der Entwicklung (Wygotski, 1987). Für die Lernenden sind Momente ganz entscheidend, in denen sie quasi oberhalb ihrer eigenen (physikalischen) Kompetenzen gefordert sind (vgl. Wygotski, 1987), denn nur so verlassen sie im Sinne Wygotskis ihre Komfortzone und erweitern ihr Repertoire. Ziel ist es also, Lernerfolge zu ermöglichen, ohne zu überfordern oder das Lernen durch zu simple Aufgaben zu bremsen. In diesem Sinne können digitale Medien den inklusiven Unterricht bereichern.

Die Erfahrungen zeigen jedoch auch, dass sich insbesondere die Feedback-Funktion durch Tablets, wie sie beispielsweise bei Bresges (2018) – in Form von regelmäßigen Selbsttests – beschrieben ist, beim Experimentierprozess an sich als schwierig erweist. Im Speziellen wenn die Schüler\*innen freie Antworten formulieren, ist ein Vergleich über das Tablet kaum bis gar nicht möglich. Auch der eigene Vergleich mit Lösungen, die vom Tablet bereitgestellt werden, stellt sich im Einzelfall als problematisch heraus. Ferner wirkt sich die Tatsache, dass die Lernenden – je nach Phase im Sinne des Modells nach Bonnstetter (1998) – individuelle Experimente planen, negativ auf die Feedback-Funktion des Tablets aus. An dieser Stelle ist weitere Forschung notwendig.

Gleichzeitig muss beachtet werden, dass die Unterstützung durch digitale Medien nur einen Teil im Sinne des Angebots-Nutzungs-Modells von Helmke (2012) darstellt. Dabei hängt die Wirksamkeit einer Intervention u. a. „von zweierlei Typen von vermittelnden Prozessen auf Schülerseite ab: (1) davon, ob und wie Erwartungen der Lehrkraft und unterrichtliche Maßnahmen von den Schüler\*innen überhaupt wahrgenommen werden und wie sie interpretiert werden, sowie (2) ob und zu welchen motivationalen, emotionalen und volitionalen (auf den Willen bezogenen) Prozessen sie auf Schülerseite führen“ (ebd., S. 71). Da Barrieren in Lernprozessen u. a. durch das Zusammenspiel von Lernenden und der Lernumgebung entstehen (Booth & Ainscow, 2017; vgl. Abb. 2), hat dies einerseits einen entscheidenden Einfluss auf den Erwerb fachlicher und überfachlicher Kompetenzen sowie auf die Partizipation der Lernenden.

Die Erfahrung zeigt, dass das Design von Materialien für den inklusiven Physikunterricht herausfordernd ist, alle relevanten Barrieren zu antizipie-

ren, die die Partizipation erschweren oder gar verhindern. Da die Naturwissenschaftsdidaktik erst vor wenigen Jahren begonnen hat, inklusive Lerngruppen sowie Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf zu beforschen, wurde in den beiden beschriebenen Praxisprojekten ein iteratives Vorgehen im Sinne des DBR-Ansatzes gewählt, um diesem Desiderat zu begegnen. Gleichzeitig konnten auf diese Weise die entwickelten Unterrichtsmaterialien stärker an die ermittelten Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden. Andere Pädagog\*innen und Forschende sollen durch die vorgestellten Praxisbeiträge ermutigt werden, inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht sowohl aus naturwissenschaftlicher als auch aus sonderpädagogischer Perspektive zu planen und zu reflektieren (vgl. Ferreira González, Fühner, Sührig, Weck, Weirauch & Abels, 2021, in diesem Beiheft). Um das Forschungsdesiderat in Bezug auf Naturwissenschaftsunterricht für alle Lernenden zu schließen, müssen die vorgestellten Konzepte optimiert und ergänzt sowie neue entwickelt werden.

## Danksagung

Die Autor\*innen bedanken sich herzlich bei Annette Kitzinger, dass sie Metacom-Symbole in den Abbildungen 1, 2, 4 und 5 verwenden dürfen. (Kitzinger, A., METACOM8 – Symbolsystem zur Unterstützten Kommunikation. Bestellbar unter: <http://www.metacom-symbole.de> [02.08.2020])

## Literaturverzeichnis

- Abels, S. (2015). Implementing Inquiry-Based Science Education to Foster Emotional Engagement of Special-Needs Students. In M. Kahveci & M. Orgill (Hrsg.), *Affective Dimensions in Chemistry Education* (S. 107–131). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen – Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen, *ZfDN*, 23, 21–37.
- Bonacker, J., Körner, T. & Weyers, C. (2019). *Gestufte Lernhilfen im inklusiven Physikunterricht für Schülerinnen und Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen*, unveröffentlichte Masterarbeit, Universität zu Köln.
- Bonnstetter, R. J. (1998). *Inquiry: Learning from the Past with an Eye on the Future*. <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7595/5362> [02.08.2020].
- Booth, T. & Ainscow, M. (2016). *Index für Inklusion. Ein Leitfaden für Schulentwicklung*. Weinheim. Basel: Beltz.
- Bosse, I. (2018). Schulische Teilhabe durch Medien und assistive Technologien. In G. Quenzel & K. Hurrelmann (Hrsg.), *Handbuch Bildungsarmut* (S. 827–852). Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Bresges, A. (2018). Mobile Learning in der Schule. In C. de Witt & C. Gloersfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 613–635). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- DBRC (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Dirks, S. & Linke, H. (2019). Assistive Technologien. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (S. 241–251). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Eickelmann, B. (2010). *Digitale Medien in Schule und Unterricht erfolgreich implementieren – eine empirische Analyse aus Sicht der Schulentwicklungsforschung*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann-Verlag.
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Emden, M., Hübinger, R. & Sumfleth, E. (2010). Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht – Unterrichtsmaterialien zur Unterstützung der Kompetenzförderung. *MNU*, 63(5), 279–286.
- Engeln, K. & Euler, M. (2005). *Physikunterricht modernisieren – Erfahrungen aus Kooperationsprojekten zwischen Schule und Wissenschaft*. Kiel: IPN.
- Europäische Kommission (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Belgium: European Communities.
- Franke-Braun, G. (2008). *Aufgaben mit gestuften Lernhilfen: ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht*. Berlin: Logos-Verlag.
- Gerick, J., Schaumburg, H., Kahnert, J. & Eickelmann, B. (2014). Lehr- und Lernbedingungen des Erwerbs computer- und informationsbezogener Kompetenzen in den ICILS-2013-Teilnehmerländern. In W. Bos, B. Eickelmann, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil, R. Schulz-Zander & H. Wendt (Hrsg.), *ICILS 2013 – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 147–169). Münster, New York: Waxmann.
- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 193–245). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Klett-Kallmeyer.
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe – Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster: Waxmann.
- Kircher, E. (2015a). Warum Physikunterricht?. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 15–73). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E. (2015b). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 107–139). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E. (2015c). Über die Natur der Naturwissenschaften lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 809–841). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.



- KMK (2014). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf) [02.08.2020].
- Kuhn, J., Müller, A., Hirth, M., Hochberg, K., Klein, P. & Molz, A. (2015). Experimentieren mit Smartphone und Tablet-PC. Einsatzmöglichkeiten für den Physikunterricht im Überblick. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 26, 4–9.
- Kuhn, J. (2018). Smartphones, Tablets & Co. im Physikunterricht: Lehren und Lernen mit mobilen digitalen Medien von heute und morgen. *Plus Lucis*, 3, 10–13.
- Küpper, A., Hennemann, T. & Schulz, A. (2020a). Digitale Lernhilfen entwickeln und nutzen – Beispiel eines Hilfesystems für den inklusiven (Physik-)Unterricht. *Computer + Unterricht*, 117, 23–25.
- Küpper, A., Hennemann, T. & Schulz, A. (2020b). (Weiter-)Entwicklung eines (digitalen) Hilfesystems für den Physikunterricht in stark heterogenen Lerngruppen der Klassen 5/6 – ein Design-Based Research-Projekt. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule II – Aktuelle Trends in Forschung Praxis* (S. 187–203). Münster, New-York: Waxmann.
- Leisen, J. (2016). *Handbuch Sprachförderung im Fach – Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Stuttgart: Klett.
- Liesen, C. & Rummler, K. (2016). Digitale Medien und Sonderpädagogik. Eine Ausleitungsordnung für die interdisziplinäre Verbindung von Medien- und Sonderpädagogik. *SZH*, 22(4), 6–12.
- Mayrberger, K. (2014). Tablets im Unterricht – mehr als ein Hype. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 63(5), 5–7.
- MSB NRW (2013). *Kernlehrplan Physik für die Gesamtschule für die Sekundarstufe 1*. [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SI/GE/NW/KLP\\_GE\\_NW.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf) [02.08.2020].
- MSB NRW (2015). *Referenzrahmen Schulqualität NRW – Schule in NRW Nr. 9051*. [https://www.schulentwicklung.nrw.de/e/upload/referenzrahmen/download/Referenzrahmen\\_Veroeffentlichung.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/e/upload/referenzrahmen/download/Referenzrahmen_Veroeffentlichung.pdf) [02.08.2020].
- MSB NRW (2020). *Sonderpädagogische Förderung in Nordrhein-Westfalen. Statistische Daten und Kennziffern zur Inklusion – 2019/20*. [https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/Inklusion\\_2019.pdf](https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/Inklusion_2019.pdf) [22.12.2020].
- Nehring, A., Abels, S., Rott, L. & Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (2019). Kriterien und Effekte von digitalen Medien in inklusiven Lerngruppen. Ein Symposium des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht („NinU“). In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 105–108). Regensburg: Universität Regensburg.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Pola, A. & Koch, S. (2019). Berufsfeld Förderschulen. In I. Bosse, J.-R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (S. 132–140). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Probst, C., Seibert, J. & Huwer, J. (2020). Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Todo-Apps und Multitouch-Experiment-Instructions als Instrument zur Förderung der Selbstregulation. *Computer + Unterricht*, 117, 14–17.

- Saye, J. W. & Brush, T. (2002). Scaffolding Critical Reasoning About History and Social Issues in Multimedia-Supported Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 77–96.
- Schaumburg, H. & Prasse, D. (2019). *Medien und Schule*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Schulz-Wensky, G. (1996). Gruppenunterricht – Viel mehr als Wissensvermittlung. In A. Ratzki, W. Keim, M. Mönkemeyer, B. Neißer, G. Schulz-Wensky & H. Wübbels (Hrsg.), *Team-Kleingruppen-Modell Köln-Holweide – Theorie und Praxis* (S. 101–117). Stuttgart: Peter Lang.
- Stöppler, R. & Wachsmuth, S. (2010). *Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung. Eine Einführung in didaktische Handlungsfelder*. Paderborn: Schöningh.
- Swelle, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22, 123–138.
- Trendel, G. & Lübeck, M. (2018). Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen. Konstruktion von Aufgaben zur systematischen Kompetenzentwicklung und Kompetenzüberprüfung. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (S. 117–149). Münster: Waxmann.
- Tschentscher, C. & Kulgemeyer, C. (2014). Mit Heterogenität beim Experimentieren umgehen – Hilfen und Tipps zur Erstellung differenzierter Versuchsanleitungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 144, 19–23.
- Urban, M. & Leidig, T. (2017). Die duale Unterrichtsplanung am Beispiel der sozialen und emotionalen Entwicklungsförderung – didaktische Gestaltungsmöglichkeiten für den inklusiven Unterricht. *Potsdamer Zentrum für Inklusionsforschung (ZEIF)*, 5, 1–12.
- Welling S. (2017). Methods matter. Methodisch-methodologische Perspektiven für die Forschung zum Lernen und Lehren mit Tablets. In J. Bastian & S. Aufenanger (Hrsg.), *Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien* (S. 15–36). Wiesbaden: Springer VS.
- Wocken, H. (2013). *Das Haus der inklusiven Schule*. Hamburg: Feldhaus.
- Wodzinski, R. (2013). Lernen mit gestuften Hilfen. *Physik Journal*, 12, 45–49.
- Wygotski, L. (1987). *Ausgewählte Schriften, Band 2: Arbeiten zur psychischen Entwicklung der Persönlichkeit*. Köln: Pahl-Rugenstein.

Björn Risch, Lara-Sophie Klein, Christoph Dönges  
und Markus Scholz

## **BNE-spezifische Experimentier- angebote für heterogene Lerngruppen zu ausgewählten Sustainable Development Goals**

**Zusammenfassung:** Kinder und Jugendliche sollten unabhängig von ihren persönlichen Lernvoraussetzungen die Möglichkeit erhalten, an nachhaltigkeitsrelevanten naturwissenschaftsbezogenen Bildungsangeboten partizipieren zu können. Es mangelt jedoch bisher an differenzierten Lernmaterialien im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). An diesem Defizit knüpft das Projekt BNEx an: Im Dialog mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Schulpraxis werden differenzierte Experimentierangebote zu ausgewählten Sustainable Development Goals (SDGs) für heterogene Lerngruppen konzipiert und mit Schülerinnen und Schülern mit kognitiven Beeinträchtigungen erprobt.

**Schlagwörter:** Bildung für nachhaltige Entwicklung, Sustainable Development Goals, Experimente, heterogene Lerngruppen, Wasser

### **ESD-specific experimental offers for heterogeneous learning groups on selected Sustainable Development Goals**

**Abstract:** Children and young people should be given the opportunity to participate in sustainability-relevant science-related educational programs, irrespective of their individual learning requirements. So far, however, there is a lack of differentiated learning materials in the context of education for sustainable development (ESD). The BNEx project builds on this deficit: In dialogue with experts from science and school practice, differentiated experimental offers on selected Sustainable Development Goals (SDGs) are

designed for heterogeneous learning groups and tested with pupils with intellectual disabilities.

**Keywords:** inclusion, education for sustainable development, sustainable development goals, experiments, heterogeneous learning groups, water

## 1. BNE, Inklusion und SDGs – gemeinsam denken und umsetzen

Ziel einer BNE ist es, Menschen zu zukunftsfähigem Denken und Handeln zu befähigen. Die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung ist die zentrale globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts und sollte für Kinder und Jugendliche nicht nur ein Thema neben vielen sein. Entsprechend gilt es, *allen* Kindern und Jugendlichen – *unabhängig von ihren persönlichen Lernvoraussetzungen* – die Möglichkeit zu geben, an nachhaltigkeitsrelevanten naturwissenschaftsbezogenen Bildungsangeboten zu partizipieren und sie so zur Mitgestaltung an einer nachhaltigen Entwicklung zu befähigen. Die UNESCO hat 2020 das Programm „Education for Sustainable Development: Towards achieving the SDGs (ESD for 2030)“ initiiert (UNESCO, 2018). Die globalen Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (Agenda 2030) sollen dadurch noch stärker in den Fokus von Bildungsprozessen rücken. BNE trägt zu allen Nachhaltigkeitszielen (englisch: Sustainable Development Goals, SDGs) bei, ist aber besonders relevant für die Weiterentwicklung des SDG 4 („*Hochwertige Bildung*“). Zentrale Intention des SDG 4 ist es, für alle Menschen „inklusive, chancengerechte und hochwertige Bildung sicher[zu]stellen sowie Möglichkeiten zum lebenslangen Lernen [zu] fördern“ (Deutsche UNESCO-Kommission, 2017, o. S.). Bezieht man das SDG 4 sowie die „Convention On The Rights Of Persons With Disabilities“ (United Nations, 2006) aufeinander, so wird deutlich, dass die Kombination aus BNE und Inklusion hochaktuell ist und gemeinsam gedacht werden muss (Bhatia & Singh, 2015; Svinos, 2019; Vierbuchen & Rieckmann, 2020).

Inklusion bezeichnet die gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die Ausgrenzung von Menschen aus benachteiligten Gruppen zu überwinden. Die Zielgruppen inklusiver Bildungsangebote sind somit ebenso heterogen wie die Barrieren, die deren Bildungsteilhabe im Wege stehen. Der vorliegende Beitrag fokussiert Kinder und Jugendliche mit kognitiven Beeinträchtigungen und die Barrieren, die ein selbstständiges Experimentieren in heterogenen Lerngruppen erschweren. Um die beiden Konzepte einer BNE und einer inklusiven Bildung im Zusammenhang mit der Erarbeitung der SDGs zusammenzubringen, benötigen Lehrerinnen und Lehrer Unterstützung für

ihre tägliche Bildungsarbeit. Hierzu zählt beispielsweise die Bereitstellung von passgenauen Materialien und Methoden für differenziertes Lernen. Dies würde sicherlich viele Pädagoginnen und Pädagogen entlasten, die bisher BNE und inklusive Bildung „als zwei nebeneinanderstehende Querschnittsthemen und somit als zusätzliche Herausforderungen wahrnehmen“ (Vierbuchen & Rieckmann, 2020, S. 5). Das Fehlen von geeigneten Lernmaterialien, beispielsweise für Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen, stellt ein grundsätzliches und auch international wahrgenommenes Problem dar (Bancroft, 2002).

## 2. Das Projekt BNE<sub>x</sub> – BNE-spezifische Experimentierangebote für heterogene Lerngruppen

Im Projekt *BNE<sub>x</sub>* werden im Dialog mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Schulpraxis naturwissenschaftliche Experimentierangebote im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu den SDGs 6 („*Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen*“), 7 („*Bezahlbare und saubere Energie*“), 13 („*Maßnahmen zum Klimaschutz*“), 14 („*Leben unter Wasser*“) und 15 („*Leben an Land*“) in verschiedenen Differenzierungsstufen konzipiert. Zur Förderung des selbstregulierten Lernens werden *hands-on* Experimente in zwei Varianten entwickelt: (Version 1) Lernmaterialien mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen, die sich aus einer Aufgabenstellung und einer schrittweisen Musterlösung (Versuchsvorschrift) zusammensetzen und (Version 2) Lernmaterialien in Form experimenteller Problemlöseaufgaben, die mit Hilfe einer Auswahl von Materialien gelöst werden können (Koenen, Emden & Sumfleth, 2017). Die schrittweise Musterlösung des Experimentierprozesses ermöglicht das detaillierte Nachvollziehen eines abstrakten Prozesses (Paas & van Merriënboer, 1993). Diese Variante eignet sich besonders für Kinder und Jugendliche mit kognitiven Beeinträchtigungen, da die Vorgabe der einzelnen Lösungsschritte die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses reduziert (Chandler & Sweller, 1991; Choi, van Merriënboer & Paas, 2014; Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011).

Die Erprobung der Experimentierangebote erfolgt unter anderem im Rahmen einer Langzeitstudie: Einmal pro Woche wird mit neun Schülerinnen und Schülern des Förderschwerpunkts geistige Entwicklung über ein Jahr lang experimentiert. Dabei geht es auch um die Beantwortung der Frage, ob durch die Materialien ein Aufbau sowie die Weiterentwicklung der Experimentierfähigkeit der Teilnehmenden bewirkt werden kann. Können sich die Schülerinnen und Schüler innerhalb eines Schuljahres von einer detaillierten schrittweisen Versuchsvorschrift lösen (Version 1) und ein Verständnis für den Ablauf eines Experimentierprozesses im Sinne