

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

eines „Forscherkreislaufes“ entwickeln (Version 2)? Zur Beantwortung der Frage wird ein Beobachtungsbogen eingesetzt. Dieser wird zu jedem Termin von mindestens zwei teilnehmenden Beobachterinnen und Beobachtern ausgefüllt. Die Einschätzung der Entwicklung der Teilnehmenden erfolgt in Anlehnung an die Zwei-Dimensionale-Matrix zum offenen Experimentieren nach Baur und Emden (2020) beziehungsweise nach Baur, Hummel, Emden und Schröter (2020).

Ziel von BNEx ist es, einen Beitrag zur dringend geforderten Entwicklung von inklusiven BNE-Materialien für die Bildungspraxis zu leisten und diese auch unter wissenschaftlicher Begleitung zu erproben (Vierbuchen & Rieckmann, 2020).

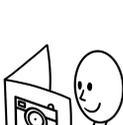
### **3. Erstellung von differenzierten Experimentiermaterialien – Kriterien zur Vermeidung schriftsprachlicher Barrieren**

Die Tätigkeit des Experimentierens ist zentraler Bestandteil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung der deutschen Bildungsstandards für alle naturwissenschaftlichen Fächer (KMK, 2005; Krüger & Gropengießer, 2006). Die Vielfalt der Lernenden wird jedoch nicht selten als „Bedrohung“ für einen guten Experimentalunterricht gesehen, insbesondere dann, wenn den Problemen und Herausforderungen als Einzelkämpfer begegnet werden muss (Nehring, Sieve & Werning, 2017). Dabei kann gerade das praktische Arbeiten beim Experimentieren trotz großer Leistungsunterschiede zur Motivation aller Schülerinnen und Schüler beitragen und besondere Chancen eröffnen, einen handlungsorientierten Unterricht zu gestalten (Menthe & Hoffmann, 2015; Öhsen & Schecker, 2015). Doch bereits die Versuchsanleitungen können Verständnisschwierigkeiten hervorrufen und eine individuelle Betreuung erfordern (Öhsen & Schecker, 2015). Die oft sehr textlastigen Materialien stellen insbesondere für Kinder und Jugendliche mit kognitiven Beeinträchtigungen eine hohe Barriere dar, da die in dieser Gruppe möglicherweise vorhandene eingeschränkte Lesekompetenz (u. a. Ratz, 2012; Scholz, Wagner & Negwer, 2016) nicht notwendigerweise ausreichend ist, um sich naturwissenschaftliche Phänomene selbstständig zu erschließen (Scholz, Dönges, Dechant & Endres, 2016).

Ein zentraler Fokus im Projekt BNEx liegt auf der Gestaltung von differenzierten Experimentiermaterialien, insbesondere in Bezug auf eine systematische Vermeidung schriftsprachlicher Barrieren. Eigene Erfahrungen aus durchgeführten Erprobungen (Scholz, Dechant, Dönges & Risch, 2018) wurden hierzu durch praktische (vgl. u. a. Schmitt-Sody & Kometz, 2013), theoretische (vgl. u. a. Krauß & Woest, 2013; Kümmerling-Meibauer &

Pompe, 2015; Scholz et al., 2016) und empirische Erkenntnisse (vgl. u. a. Alberto, Cihak & Gama, 2005; Noll, Roth & Scholz, 2020; Poncelas & Murphy, 2007; Zentel, 2010) ergänzt. Ein Ergebnis waren Vereinfachungsstufen für schriftliche Elemente der Lernstationen (z. B. Versuchsanleitungen), die sich in drei Bereiche kategorisieren lassen (Scholz et al., 2016): (1) Die reine textliche Vereinfachung auf Wort und Satzebene („Vereinfachte Sprache“), (2) eine text- bzw. schriftunterstützende Version („Symbolschrift“) und (3) eine text- bzw. schriftrsetzende Version, die den tatsächlichen Handlungsablauf in Bildern eins-zu-eins repräsentiert („Fotografischer Handlungsablauf“) (vgl. Tab. 1). Bei der Variante „Fotografischer Handlungsablauf“ erhalten die Teilnehmenden zusätzlich die Möglichkeit, eine auditive Unterstützung zu nutzen. Mit Hilfe eines auditiven Stifts kann jeder Schritt des Experimentierprozesses (Kontexteinordnung, Materialliste, Schritte der Durchführung, Beobachtung, Ergebnis, Merksatz und Aufforderung zum Aufräumen) von den Schülerinnen und Schülern eigenständig angehört werden, wodurch ein zusätzliches Element zur Steigerung der Selbstständigkeit eingeführt wurde.

**Tab. 1: Ausgewählte Differenzierungsstufen in Bezug auf die Lesekompetenz der BNEx-Experimentiereinheiten im Vergleich zur Standardsprache**

| Piktogramm  | Differenzierungsstufe   | Beispiel  |
|---|---|---|
|    | Standardsprache   | Fülle das Becherglas bis zur Markierung mit 100 ml Wasser auf.                      |
|  | Textliche Vereinfachung:<br><i>Vereinfachte Sprache</i>                             | Fülle das Becherglas bis zum Strich mit Wasser.                                     |
|  | Text- bzw. schriftunterstützende Vereinfachung:<br><i>Symbolschrift</i>             |  |
|  | Text- bzw. schriftrsetzende Vereinfachung:<br><i>Fotografischer Handlungsablauf</i> |  |

Die erstellten Materialien ermöglichen auch Schülerinnen und Schülern (ohne oder mit eingeschränkten schrift-sprachlichen Kompetenzen) an Angeboten mit naturwissenschaftlichen Experimenten und damit verbundenen Phänomenen teilhaben zu können. Zahlreiche Kinder und Jugendliche werden die Schriftsprache auch mit Unterstützung nicht erlernen können. Für sie bietet diese Vorgehensweise die einzige Möglichkeit, weitgehend selbstständig zu experimentieren. Zudem gibt es Schülerinnen und Schüler, bei denen Schriftsprache aufgrund von fehlenden Sprachkenntnissen noch nicht vorhanden ist. Hier bilden die erstellten Materialien eine Brückenfunktion, die über die Erfahrung von Phänomenen langfristig auch einen Zugang zur Fachsprache als „Symbole“ für diese Phänomene schafft und so die Basis für eine gezielte Wortschatzarbeit darstellt. Denn nicht der Begriff ist die Voraussetzung für das Verstehen von Phänomenen oder Gegenständen, sondern Begriffe stehen für beobachtete Phänomene oder Gegenstände. Forschung in diesem Zusammenhang zeigt, dass ausgewählte Unterstützungsmaßnahmen auch für Schülerinnen und Schüler mit hoher Lesekompetenz zu einer Verbesserung bei der Lösung von – in dem Fall mathematischen – Problemen unterstützend sein können (Noll, Roth & Scholz, 2020).

Im Folgenden wird die Erstellung und Erprobung differenzierter BNE-spezifischer Lernmaterialien exemplarisch anhand des SDG 6 („*Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen*“) vorgestellt.

#### **4. SDG 6 – Bildungsangebote im Kontext von Socio-Scientific Issues**

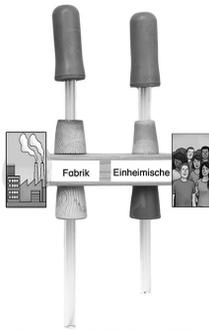
*Was verunreinigt Wasser und wie kann ich es wieder reinigen? Warum haben nicht alle Menschen Zugang zu Wasser?* In naturwissenschaftsorientierten Bildungskontexten werden solche Herausforderungen auch als Socio-Scientific Issues (SSIs) bezeichnet (Sadler, 2011). SSIs umfassen Themen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich, die eine potentiell große Auswirkung auf die Gesellschaft vermuten lassen. Sie stellen für naturwissenschaftliche Bildungsprozesse reale Kontexte dar, die allgemeine Problemlösefähigkeiten, naturwissenschaftliches Verständnis, kritisches Denken sowie wertebezogene Zugangsweisen erfordern (Sadler, Barab & Scott, 2007). Ihre Thematisierung in Bildungsprozessen innerhalb und außerhalb der Schule trägt so zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei. Übergeordnete Ziel-dimension ist dabei die Ermöglichung von Teilhabe an gesellschaftlichen Prozessen und Diskursen unter Anwendung naturwissenschaftlicher Kompetenzen (vgl. z. B. Fischler, Gebhard & Rehm, 2018).

Bildungsangebote zu den Themen des SDG 6 könnten eine Sensibilisierung für die Kostbarkeit der Ressource Wasser, einen nachhaltigen Umgang mit ihr und ein Bewusstsein für die global gesehen ungleiche und ungerechte Wasserversorgung initiieren (Rieckmann, 2020). Denn alles Leben auf der Erde ist abhängig von Wasser. Jeden Tag verwenden wir ganz selbstverständlich Wasser. Wir trinken Wasser, nutzen es zum Waschen und in der Landwirtschaft. Doch etwa zwei Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. So sterben jeden Tag fast 1.000 Kinder an vermeidbaren wasser- und sanitärbedingten Durchfallerkrankungen. In vielen Ländern ist beispielsweise das Wasser aus den Brunnen häufig nicht sauber oder der Brunnen pumpt gar kein Wasser mehr an die Oberfläche. Es gibt zahlreiche Regionen, in denen weder Duschen noch Toiletten vorhanden sind, so dass die Menschen im Freien auf die Toilette gehen müssen. Mehr als 80 Prozent des Abwassers, das durch menschliche Aktivitäten entsteht, wird ohne Aufbereitung in Flüsse oder ins Meer eingeleitet (United Nations, o.D.).

Es liegt in der Natur und Dynamik des Prinzips nachhaltiger Entwicklung selbst, dass weder eine reine Wissensvermittlung noch ein instrumenteller Problemlösungsansatz ausreichen, um den Nachhaltigkeitsproblematiken adäquat zu begegnen. Vielmehr müssen Schülerinnen und Schüler mit Kompetenzen ausgestattet werden, die es ihnen ermöglichen, mit den komplexen Anforderungen erfolgreich umgehen zu können. Geeignete Lernmaterialien können hierzu initiierende Impulse geben, beispielsweise zur Förderung reflexiver Entscheidungsprozesse. Wie entsprechende (differenzierte) Materialien gestaltet sein können, wird nachfolgend anhand einer Lernstation zum SDG 6 vorgestellt.

## **5. „Wettlauf ums Trinkwasser“ – Vorstellung einer Lernstation**

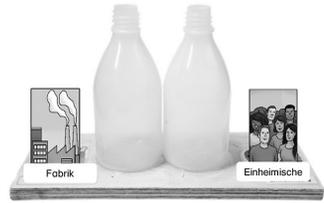
Die Lernstation „Wettlauf ums Trinkwasser“ bearbeitet den Aspekt „Zugang zu Wasser“: Das SDG 6 sieht vor, dass jeder Mensch das Recht auf Zugang zu sauberem, gesundheitlich unbedenklichem Trinkwasser haben sollte. Das ist aber nicht überall so. In vielen Regionen unserer Welt gilt: „Das Recht der stärksten Pumpe“. Wer Land besitzt, darf auf seinem Grundstück so viel Wasser pumpen, wie er will, ohne Rücksicht auf seine Nachbarinnen und Nachbarn. Große Fabriken nutzen das aus. Sie pumpen zum Beispiel in Entwicklungsländern das Grundwasser mit starken Pumpen aus tiefen Brunnen ab. Dadurch sinkt der Grundwasserspiegel und die niedrigeren Brunnen der lokalen Bevölkerung trocknen aus. In der Folge haben die dort lebenden Menschen nicht genug Wasser.



Modellpumpen in Holzvorrichtung



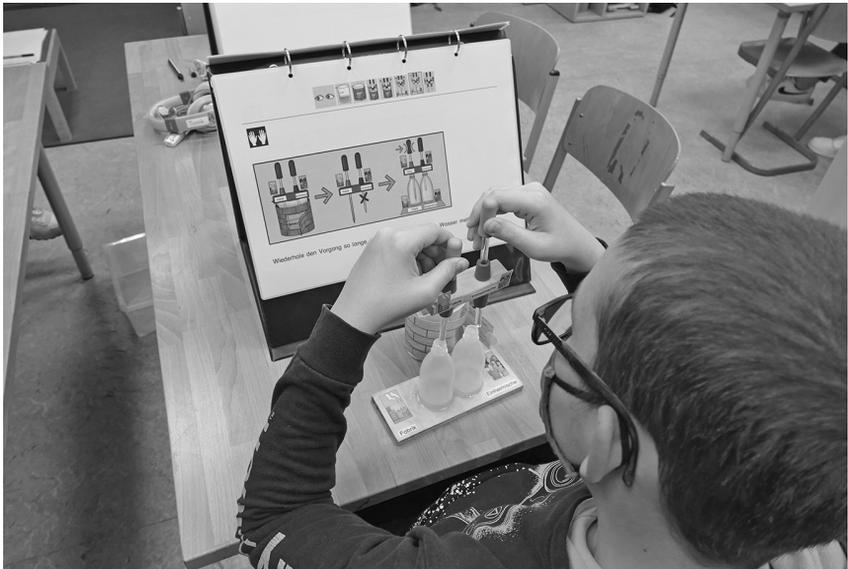
Modellbrunnen



Sammelbehälter

**Abb. 1: Materialien zur Lernstation „Wettkampf ums Trinkwasser“**

Zur Umsetzung des oben beschriebenen Kontextes stehen zwei Modellpumpen (zwei unterschiedlich lange Pipetten), ein Modellbrunnen (Becherglas) und zwei Sammelbehälter (Plastikfläschchen) zur Verfügung (vgl. Abb. 1).



**Abb. 2: Schüler beim Experimentieren**

Im ersten Schritt wird der Modellbrunnen (Becherglas) mit Wasser befüllt. Danach werden die zwei Modellpumpen (Pipetten) mit der Holzvorrichtung auf das Becherglas aufgelegt. Im Anschluss wird mit beiden Pipetten gleichzeitig das Wasser aus dem Modellbrunnen aufgesogen und in die Sammelbehälter gepumpt (vgl. Abb. 2). Es wird so lange gepumpt, bis zu-

nächst die erste Pumpe kein Wasser mehr bekommt. Um den Effekt deutlich zu erkennen, muss weiter gepumpt werden (vgl. Abb. 3).

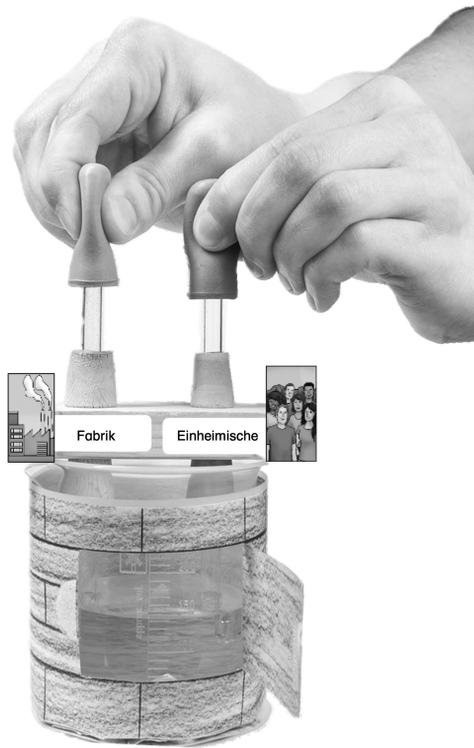


Abb. 3: Experiment zur Lernstation „Wettlauf ums Trinkwasser“

Wie Expertinnen und Experten aus der Praxis in die Erprobung und Weiterentwicklung der Lernmaterialien einbezogen wurden, wird nachfolgend dargestellt.

## 6. Von Moringa bis zum Klärwerk – Erprobung und Weiterentwicklung von Lernstationen zum SDG 6

Die oben beschriebene sowie weitere Lernstationen zum SDG 6 wurden in der Pilotierungsphase von 34 Studierenden (Förderschullehramt oder ein Fach der Naturwissenschaften) und vier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Sonderpädagogik und Chemie durchgeführt und beurteilt. Auf der Grundlage der Beobachtungen und Rückmeldungen wurden einige Änderungen im Design vorgenommen (u. a. Einfügen einer bebilderten Zeitleiste im fotografischen Handlungsablauf zur besseren

Übersicht über den Verlauf, Abdecken der möglichen Beobachtungen mit einem mit Kreppband angebrachten Papier etc.).

Nach der Überarbeitung der Lernstationen wurden die Materialien hinsichtlich zweier Fragestellungen evaluiert: (1) Wie beurteilen Lehrkräfte und Pädagogische Fachkräfte der Förderschwerpunkte geistige Entwicklung und Lernen die Lernstationen zum SDG 6? (2) Welche Probleme zeigen sich bei Schülerinnen und Schülern mit kognitiven Beeinträchtigungen bei der Durchführung der Lernstationen?

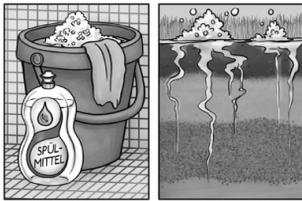
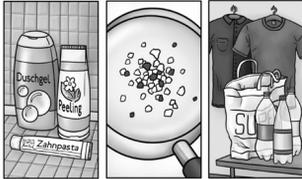
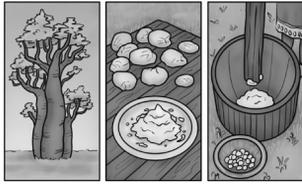
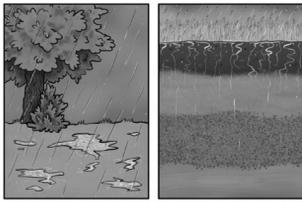
Zur Beantwortung der ersten Frage wurden zwei Zyklen durchlaufen. Im ersten Zyklus wurden mit sieben Lehrkräften und Pädagogischen Fachkräften Einzel- und Gruppeninterviews durchgeführt. Im zweiten Zyklus führten 15 weitere Lehrkräfte und Pädagogische Fachkräfte die Experimente in Partnerarbeit durch und wurden dabei teilnehmend beobachtet. Positiv empfanden die Expertinnen und Experten den einheitlichen Aufbau der verschiedenen Differenzierungsvarianten, die Möglichkeit, Materialien und Durchführungsschritte abzuhaken, sowie den Einsatz des Vorlesestifts. Auch die Zuordnung der Materialien mittels Bebilderung sowie die formulierten Problemstellungen wurden als gewinnbringend rückgemeldet. Zur Beantwortung der zweiten Frage wurden fünf Schülerinnen und Schüler des Förderschwerpunkts Lernen beim Erarbeiten der Lernstationen in Einzelsituationen mittels der Erhebungsmethode „Lautes Denken“ begleitet (Sandmann, 2014).

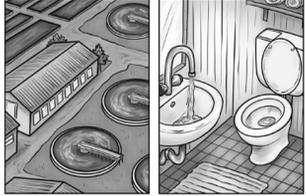
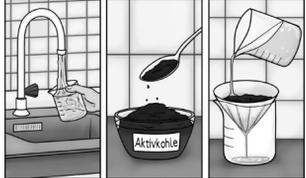
Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurden erneut Änderungen hinsichtlich der Konzeption der Materialien vorgenommen, wie beispielsweise:

- Änderung der Schriftart: Die bis dahin verwendete Schriftart war zu eng und wies zu viele Serifen auf. Für jüngere Schülerinnen und Schüler ist das „a“ in der Form „ɑ“ besser erkennbar. Mit der Schriftart DRUCK-SCHRIFT BY WOK sind die Bedingungen erfüllt.
- Austausch von Begriffen: Einige Begriffe waren den Probandinnen und Probanden unbekannt und mussten vereinfacht werden. So wurde beispielsweise der Begriff „Großkonzern“ durch den Begriff „Fabrik“ ersetzt.

Nach Abschluss der Erprobungs- und Evaluationsphase sind insgesamt acht Lernstationen in jeweils bis zu drei Differenzierungsstufen zum SDG 6 publiziert worden (vgl. Tab. 2). Die Lernmaterialien stehen zum freien Download bereit (<https://www.uni-koblenz-landau.de/de/bnex>).

Tab. 2: Übersicht über die Lernstationen zum SDG 6

| Kurzbeschreibung der Lernstation  | Kontext in Bildern  |
|---|---|
| <p><b>Wettlauf ums Trinkwasser</b><br/> <i>Jeder Mensch sollte das Recht auf Zugang zu sauberem, gesundheitlich unbedenklichem Trinkwasser haben. Das ist aber nicht überall so. In vielen Regionen unserer Welt gilt: „Das Recht der stärksten Pumpe“. Wer Land besitzt, darf auf seinem Grundstück so viel Wasser pumpen, wie er will. Ohne Rücksicht auf seine Nachbarn.</i></p>   |    |
| <p><b>Boden als Schadstofffilter</b><br/> <i>Der Boden schützt unser Grundwasser. Er kann nämlich schädliche Stoffe so binden („filtern“), dass sie nicht ins Grundwasser gelangen. Die Filterfunktion des Bodens kann jedoch durch Waschmittelabwasser geschädigt werden. Das passiert zum Beispiel, wenn wir unser Auto mit Seife waschen. Die vorher im Boden gebundenen schädlichen Stoffe werden frei. So können die Stoffe in das Grundwasser gelangen.</i></p>                                     |    |
| <p><b>Gefahr aus dem Duschgel</b><br/> <i>Plastikmüll ist in der Umwelt überall zu finden. Eine besondere Gefahr geht von kleinen Kunststoffteilchen aus. Diese werden auch Mikroplastik genannt. Das Tückische ist: Die winzigen Partikel begleiten fast unbemerkt unseren Alltag. In einigen Duschgels und Cremes ist Mikroplastik enthalten. Beim Duschen werden die Partikel abgewaschen und gelangen in das Wasser.</i></p>  |    |
| <p><b>Moringa – ein Wundersamen</b><br/> <i>Nicht alle Menschen haben Zugang zu sauberem Trinkwasser. Gerade die ländliche Bevölkerung des globalen Südens hat häufig kein sauberes Trinkwasser. Daher sind natürliche Aufbereitungsmethoden von besonderer Bedeutung. So kann mit Hilfe der Samen des Moringabaumes verschmutztes Wasser gereinigt werden.</i></p>   |   |
| <p><b>Naturfilter</b><br/> <i>Durch Wasservorräte im Boden gelangen wir an unser Trinkwasser. Der Regen sickert durch den Boden und läuft auf seinem Weg durch vier unterschiedliche Schichten: Als erstes sickert das Wasser durch die Erde. Dann durch den Sand. Anschließend läuft das Wasser noch durch eine Kiesschicht. Zum Schluss sammelt es sich auf der Lehmschicht. Baue die Bodenschichten nach und du kannst sehen, wie gut die einzelnen Schichten das verschmutzte Wasser filtern.</i></p> |  |

| Kurzbeschreibung der Lernstation  | Kontext in Bildern  |
|---|---|
| <p><b>Rätsel ums Klärwerk</b><br/> <i>Im Badezimmer gibt es viele Wege das saubere Wasser aus der Leitung zu verschmutzen: Wenn du Dreck von den Händen wäschst, beim Duschen den Sand vom Sandkasten abspülst, deine Haare säuberst oder wenn du Toilettenpapier in die Toilette wirfst. Jedes Mal wird das Wasser schmutzig. Dieses schmutzige Wasser wird Abwasser genannt. Versuche dein Wasser selbst zu verschmutzen. Wie bekommst du es gesäubert?</i></p>                       |  |
| <p><b>Verstecktes Wasser</b><br/> <i>Überall begegnet uns Wasser. In Flüssen und Seen, wenn es regnet oder schneit, oder wenn wir zu Hause den Wasserhahn aufdrehen. „Verstecktes Wasser“ oder auch „virtuelles Wasser“ kann man nicht sehen oder anfassen. Es ist Wasser, das in der Herstellung unserer Lebensmittel, unserer Kleidung und selbst in unseren Handys steckt.</i></p>   |  |
| <p><b>Wasserwerk</b><br/> <i>Wir füllen, ohne nachzudenken, Wasser aus dem Wasserhahn in ein Glas und trinken es. Unser Wasser sieht nicht nur sauber aus, es ist auch recht sauber. Doch nicht überall auf der Welt können die Menschen bedenkenlos das Wasser aus dem Wasserhahn trinken. In vielen Ländern gibt es gar keine Wasserhähne oder das Wasser, das herauskommt, ist nicht sauber. Wie könnte das Wasser dort gesäubert werden und wo wird unser Wasser gesäubert?</i></p> |  |

Die entwickelten Lernstationen können sowohl an einem außerschulischen Lernort (vgl. Kapitel 7) als auch im schulischen Bereich zum Einsatz kommen. Eine mögliche Integration in den Unterricht wird aktuell im Rahmen einer Langzeitstudie mit zwei Klassen mit insgesamt neun Schülerinnen und Schülern des Förderschwerpunkts geistige Entwicklung getestet (vgl. Kapitel 2). Dabei hat sich das nachfolgend beschriebene Vorgehen als praxistauglich herausgestellt: Jede Schülerin und jeder Schüler erhält anfangs eine der drei Experimentieranleitungen („Vereinfachte Sprache“, „Symbol-schrift“, „Fotografischer Handlungsablauf“) entsprechend der individuellen Kompetenzen. Zu Beginn der Unterrichtsstunde lässt sich der Kontext mithilfe von Bildern (vgl. Tab. 2) im Klassengespräch erschließen. Ein anschließendes Lesen oder Anhören des Textes wiederholt und vertieft den Inhalt. Die weitere Durchführung der Experimente kann im Klassenverband oder von jeder Schülerin bzw. jedem Schüler eigenständig ausgeführt werden. Zunächst kontrollieren die Kinder eine Materialliste, indem sie die gefundenen Materialien abhaken. Anschließend führen sie das Experiment in den oben genannten Schritten mit individuellen Unterstützungsangeboten durch. Die Schülerinnen und Schüler müssen während des Experimentierens eigenständig genau beobachten, das Beobachtete in Worte fassen

und es schließlich einem von zwei zur Auswahl stehenden Beobachtungsbildern (falsch und richtig) zuordnen. Um die Beobachtung in den zuvor gegebenen Kontext zu setzen, ist eine Ergebnis nötig, welches die Schülerinnen und Schüler selbst formulieren können oder ihnen durch die Experimentieranleitung geliefert wird. Eine gemeinsame Besprechung im Klassenverband erleichtert die Kontextualisierung und fokussiert die relevanten Erkenntnisse, beispielsweise zur Lernstation „Wettkampf ums Trinkwasser“: Jeder Mensch sollte das Recht auf sauberes Trinkwasser haben. Der Hinweis zum Aufräumen bietet eine abschließende Orientierung und Sicherheit, das Experiment eigenständig zu beenden. Inwieweit sich die neun Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Förderschwerpunkts geistige Entwicklung in ihrer Experimentierfähigkeit weiterentwickeln, werden die noch ausstehenden Auswertungen zeigen. Bisherige Beobachtungen zeigen, dass sie durchgehend interessiert sind und mit viel Freude und Engagement experimentieren.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Müller-Christ, Giesenbauer und Tegeler (2018) zeigen, dass die Sustainable Development Goals (SDGs) im deutschen Bildungssystem zwar angekommen sind, ihr großes Potenzial jedoch noch ungenutzt bleibt. Naturwissenschaftsorientierte Bildungskontexte ermöglichen im Sinne des Ansatzes der Socio-Scientific Issues (SSIs) hervorragende Anknüpfungspunkte zur Thematisierung der SDGs. Um möglichst vielen Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu geben, an Experimentierangeboten teilnehmen zu können, müssen die Lernmaterialien so gestaltet sein, dass sie möglichst barrierefrei für Kinder und Jugendliche mit unterschiedlichsten Lernvoraussetzungen zugänglich sind. Viele der bisher existierenden Materialien oder Konzepte setzen jedoch Fähigkeiten wie grundlegende Lesekompetenzen voraus, was insbesondere für Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf zu Schwierigkeiten führen kann (Villanueva, Taylor, Therrien & Hand, 2012).

Im Rahmen des Projekts BNEEx werden BNE-spezifische Lernmaterialien zu ausgewählten SDGs für heterogene Lerngruppen entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf der systematischen Vermeidung schrift-sprachlicher Barrieren. Dies geschieht theoriegeleitet und im Dialog mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Schulpraxis. Aus unseren bisherigen Erkenntnissen lassen sich folgende „Erfahrungshypothesen“ für die Konzeption differenzierter Experimentiermaterialien ableiten (vgl. auch Scholz et al., 2018):

1. Die ausgearbeiteten Lernmaterialien sind von der Lehrkraft je nach Bedarfen der Lerngruppe flexibel anwendbar und kombinierbar. Die Flexibilität wird durch die Ausdifferenzierung der Materialien anhand festgelegter Dimensionen gegeben.
2. Es werden bei Versuchen nur Materialien verwendet, die gefahrlos und im Alltag leicht zu beschaffen sind.
3. Der Aufwand für die Vorbereitung muss sich an den Möglichkeiten einer Lehrkraft im Alltag orientieren. Das Material muss entsprechend übersichtlich, kompakt und zugänglich sein.
4. Die Lernmaterialien müssen das Vorwissen und die Alltagserfahrungen von Lernenden berücksichtigen. Die Beschreibung der Lernmaterialien soll erforderliches Vorwissen benennen und Hinweise geben, wie dieses ggf. erarbeitet werden kann.
5. Die Lernmaterialien sollen Bezüge zu den Lehrplänen ausweisen und diese auch benennen. Dies erleichtert den Lehrkräften die Verortung der Lerninhalte in den Lehrplänen für die jeweilige Gruppe.
6. Nachhaltiges Lernen: Es werden Hinweise gegeben, wie die Lerninhalte (SDGs) gesichert werden können und ggf. entsprechende Materialien zur Verfügung gestellt.

Die Lernstationen aus dem Projekt BNEx werden auch im Rahmen des Landauer Experimentier(s)passes eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein semesterbegleitendes Angebot in Form eines Mitmach-Passes, das an zwei Nachmittagen in der Woche an dem außerschulischen Lernort „Nawi-Werkstatt“ stattfindet. Die Teilnehmenden werden von Lehramts-Studierenden der Universität Koblenz-Landau betreut. Das Angebot ist kostenfrei und kann ohne vorherige Anmeldung mehrfach wahrgenommen werden (vgl. Risch & Engl, 2015; Emden & Risch, 2019). Der Mitmach-Pass wird von Kindern und Jugendlichen unterschiedlichster Altersgruppen und Fähigkeiten wahrgenommen. Die begleitende Evaluation ermöglicht eine kontinuierliche Weiterentwicklung der differenzierten Lernmaterialien.

## Literaturverzeichnis

- Alberto, P. A., Cihak, D. F. & Gama, R. I. (2005). Use of static picture prompts versus video modeling during simulation instruction. *Research in Developmental Disabilities*, 26(4), 327–339.
- Bancroft, J. (2002). A methodology for developing science teaching materials for pupils with learning difficulties. *Support for Learning*, 17(4), 168–175.
- Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*, 2020; 20190013, 1–12.

- Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU Journal*, 73(2), 125–128.
- Bhatia, S. & Singh, S. (2015). Creating a Sustainable and Inclusive Future through Youth Action and Participation. *Behinderung und internationale Entwicklung*, 26(2), Inklusion in der Bildung für nachhaltige Entwicklung, 29–34. [http://www.zbdw.de/projekt01/media/pdf/2015\\_2\\_BIE.pdf](http://www.zbdw.de/projekt01/media/pdf/2015_2_BIE.pdf) [11.12.2020].
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Choi, H. H., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2014). Effects of the physical environment on cognitive load and learning: towards a new model of cognitive load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225–244.
- Deutsche UNESCO-Kommission e.V. (2017). *Bildungsagenda 2030. Aktionsrahmen für die Umsetzung von Sustainable Development Goals. 4. Inklusive, chancengerechte und hochwertige Bildung sowie lebenslanges Lernen für alle*. Kurzfassung der Deutschen UNESCO-Kommission. Bonn: DUK.
- Emden, M. & Risch, B. (2019). Entwickelnder Transfer fachdidaktischer Outreach-Projekte: Das Rad nicht neu erfinden. *Chemie in unserer Zeit*, 53(3), 172–179.
- Fischler, H., Gebhard, U. & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (2017). Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 81–98.
- Krauß, R. & Woest, V. (2013). Naturwissenschaft am Förderzentrum. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 101–103). Kiel: IPN.
- Krüger, D. & Gropengießer, H. (2006). Hau(p)tsache Atmung – Beim Experimentieren naturwissenschaftlich denken lernen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(3), 169–176.
- Kümmerling-Meibauer, B. & Pompe, A. (2015). Texte und Bilder lesen. In A. Pompe (Hrsg.), *Deutsch inklusiv. Gemeinsam lernen in der Grundschule* (S. 133–150). Baltmannsweiler: Schneider.
- Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 131–141). Stuttgart: Kohlhammer.
- Müller-Christ, G., Giesenbauer, B. & Tegeler, M. K. (2018). Die Umsetzung der SDGs im deutschen Bildungssystem – Studie im Auftrag des Rats für Nachhaltige Entwicklung der Bundesregierung 1. ZEP: *Zeitschrift für Internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 41(2), 19–26.
- Nehring, A., Sieve, B. & Werning, R. (2017). Inklusion im Chemieunterricht. Ein Schreibgespräch zwischen Unterrichtspraktiker, Chemiedidaktiker und Sonderpädagogen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, (162), 2–5.
- Noll, A., Roth, J. & Scholz, M. (2020). Lesebarrieren im inklusiven Mathematikunterricht überwinden. Visuelle und sprachliche Unterstützungsmaßnahmen im empirischen Vergleich. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 3(2), 177–190.

- Öhsen, R. & Schecker, H. (2015). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht: Praxiserfahrungen an Bremer Schulen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 585–587). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014.
- Paas, F. G. W. C. & van Merriënboer, J. J. G. (1993). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. In F. G. W. C. Paas (Hrsg.), *Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks* (S. 11–30). Den Haag: CIP-DATA Koninklijke Bibliotheek.
- Poncelas, A. & Murphy, G. (2007). Accessible information for people with intellectual disabilities: Do symbols really help? *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 20(5), 466–474.
- Ratz, C. (2012). Schriftsprachliche Fähigkeiten von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In W. Dworschak, S. Kannevischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (SFG)*. Eine empirische Studie (S. 111–132). Oberhausen: Athena-Verlag.
- Rieckmann, M. (2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung zum Thema „Verfügbarkeit und nachhaltige Nutzung von Wasser“. In M. Wulfmeyer (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung im Sachunterricht. Grundlagen und Praxisbeispiele (Basiswissen Grundschule, 43)*, (S. 105–116). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Risch, B. & Engl, L. (2015). Landauer Experimentier(s)pass – Ein Schülerlabor öffnet seine Türen. In D. Karpa, G. Lübbecke & B. Adam (Hrsg.), *Außerschulische Lernorte. Theorie und Praxis der Schulpädagogik* (Bd. 31, S. 80–91). Köln: Prolog-Verlag.
- Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific Issues-Based Education: What We Know About Science Education in the Context of SSI. In T. D. Sadler (Hrsg.), *Socio-scientific Issues in the Classroom*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Sadler, T. D., Barab, S. A. & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37, 371–391.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2013). Experimentieren mit Förderschülern. Erfahrungen aus dem Schülerlabor NESSI-Lab. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 24(135), 40–44.
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C. & Endres, A. (2016). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67(10), 454–464.
- Scholz, M., Dechant, C., Dönges, C. & Risch, B. (2018). Naturwissenschaftliche Inhalte für Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen aufbereiten. Entwicklung und Evaluation von Lernmaterialien für den Bereich Umweltbildung mithilfe eines Design-Based Research-Ansatzes. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 87(4), 318–335.
- Scholz, M., Wagner, M. & Negwer, M. (2016). Motorische Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich Kulturtechniken von Schülerinnen und Schülern an Schulen mit dem Förderschwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung. Eine Studie aus Rheinland-Pfalz. *Heilpädagogische Forschung*, 42(4), 191–201.
- Svinos, M. (2019). Inklusive Bildung. Gemeinsam für eine nachhaltige Entwicklung. *ökopadNEWS, ANU-Informationdienst Umweltbildung*, 301, 29. <https://www.umweltbildung.de/8321.html?&fontsize=2> [11.12.2020].

- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- UNESCO (2018). *Education for Sustainable Development (ESD) beyond 2019*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261625> [11.12.2020].
- United Nations (o.D.). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/> [17.08.2020].
- United Nations (2006). UN-Convention on the Rights of Persons with Disabilities. <https://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf> [11.12.2020].
- Vierbuchen, M. C. & Rieckmann, M. (2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung und inklusive Bildung – Grundlagen, Konzepte und Potenziale. *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 43(1), 4–10.
- Villanueva, M. G., Taylor, J., Therrien, W. & Hand, B. (2012). Science education for students with special needs. *Studies in Science Education*, 48(2), 187–215.
- Zentel, P. (2010). *Zur Bedeutung von multiplen Repräsentationen beim Lernen mit Computer und Internet für Menschen mit geistiger Behinderung*. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:21-opus-53907> [11.12.2020].