

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

BNE-spezifische Experimentierangebote 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 nachhaltigen 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 BNEx – BNE-spezifische Experimentierangebote für heterogene Lerngruppen

Im Projekt *BNEx* werden im Dialog mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Schulpraxis naturwissenschaftliche Experimentierangebote im Kontext einer Bildung für nachhaltigen Entwicklung (BNE) zu den SDGs 6 („*Sauberer 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 durchgeföhrten Erprobungen (Scholz, Dechant, Dönges & Risch, 2018) wurden hierzu durch praktische (vgl. u. a. Schmitt-Sody & Kometz, 2013), theoretische (vgl. u. a. Krauß & Woest, 2013; Kümmeling-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. schriftersetzende 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	Füllt das Becherglas bis zur Markierung mit 100 ml Wasser auf.
	Textliche Vereinfachung: Vereinfachte Sprache	Füllt das Becherglas bis zum Strich mit Wasser.
	Text- bzw. schriftunterstützende Vereinfachung: Symbolschrift	
	Text- bzw. schriftersetzende Vereinfachung: Fotografischer Handlungsablauf	

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 („*Sauberer Wasser und Sanitätreinrichtungen*“) 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 Zieldimension 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 initierende 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.



Abb. 1: Materialien zur Lernstation „Wettlauf 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 gefüllt. 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).

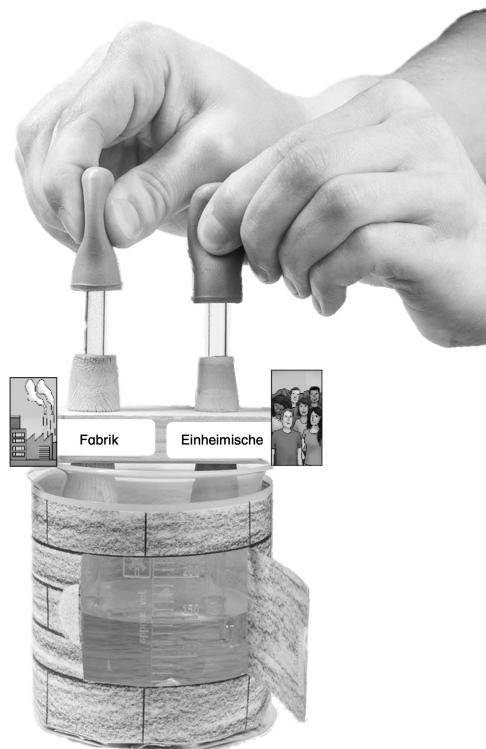


Abb. 3: Experiment zur Lernstation „Wettlauf ums Trinkwasser“

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?

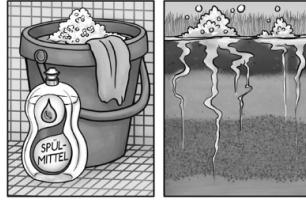
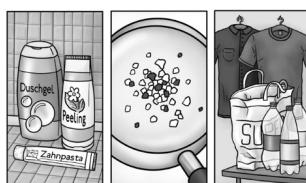
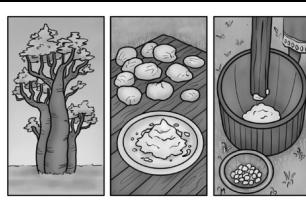
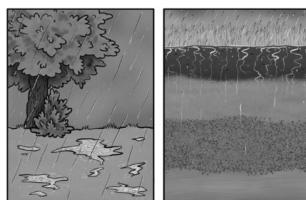
Zur Beantwortung der ersten Frage wurden zwei Zyklen durchlaufen. Im ersten Zyklus wurden mit sieben Lehrkräften und Pädagogischen Fachkräften Einzel- und Gruppeninterviews durchgeführt. Im zweiten Zyklus führten 15 weitere Lehrkräfte und Pädagogische Fachkräfte die Experimente in Partnerarbeit durch 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).

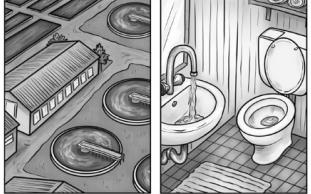
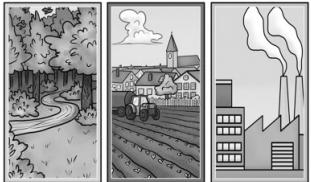
Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse wurden erneut Änderungen hinsichtlich der Konzeption der Materialien vorgenommen, wie beispielsweise:

- 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 „α“ besser erkennbar. Mit der Schriftart DRUCKSCHRIFT 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
Wetlauf ums Trinkwasser <p>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.</p>	
Boden als Schadstofffilter <p>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.</p>	
Gefahr aus dem Duschgel <p>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.</p>	
Moringa – ein Wundersamen <p>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.</p>	
Naturfilter <p>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.</p>	

Kurzbeschreibung der Lernstation	Kontext in Bildern
<p>Rätsel ums Klärwerk <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>Verstecktes Wasser <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>Wasserwerk <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 praktisch heraustestet: Jede Schülerin und jeder Schüler erhält anfangs eine der drei Experimentieranleitungen („Vereinfachte Sprache“, „Symbolschrift“, „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 „Wettlauf 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 BNEx 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. *Behindern 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 [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. Bernholz (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. Kannewischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (SFGE). 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. Lübecke & 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 konzeptuelle 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-Informationsdienst 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].

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

Zusammenfassung: Die in der Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule Nordrhein-Westfalen (QUA-LiS NRW) entwickelten Lernstrukturgitter als Planungshilfe für einen inklusiven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigen unterschiedliche Kompetenz- und Abstraktionsstufen. Sie bilden damit eine Möglichkeit, einen Gemeinsamen Lerngegenstand sachlogisch differenziert darzustellen. In Ergänzung dazu bietet das fünfstufige Modell von Wember (2013) eine Orientierung im Hinblick auf die jeweiligen Anforderungen des Lehrplans.

In diesem Beitrag wird dargestellt, wie diese Lernstrukturgitter eine Unterrichtsplanung in einem inklusionsorientierten und zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht im Sinne der Arbeit an einem Gemeinsamen Lerngegenstand ermöglichen. Bezogen auf das Thema „Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?“ wird eine praktische Umsetzungsmöglichkeit präsentiert.

Schlagwörter: Differenzierung, zieldifferentes Lernen, Gemeinsamer Lerngegenstand, Lernstrukturgitter, Planungshilfe

The logical differentiation of the common learning objective in inclusive science lessons at secondary schools – using a learning structure grid and the “Wember-Model” as a planning tool

Abstract: The North Rhine-Westphalia State Institute for Schools and Professional Development has developed a model of a learning structure grid for inclusion-oriented and aim-differentiated science lessons at secondary schools. Different levels of competence were taken into consideration as well as different levels of abstraction. The learning structure grid offers a possibility to make a logical differentiation of the common learning-object. In addition, Wembers five-step model for inclusive teaching (2013) provides orientation regarding the respective requirements in the curriculum.

This article outlines how learning structure grids can facilitate science lesson planning. The focus lays on an inclusion-oriented and aim-differentiated class structure that enables the work at a common learning-object. In the context of “Why is it easier with tools?” presents a feasible adaption possibility.

Keywords: differentiation, goal-differentiated learning, common learning objective, learning structure grid, planning tool

1. Einleitung

In der Qualitäts- und Unterstützungs Agentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) werden bezogen auf die Differenzkategorie „Behinderung“ und das Heterogenitätsmerkmal „kognitive Beeinträchtigung“ Unterstützungsmaterialien für den inklusiven Fachunterricht in der Sekundarstufe I entwickelt (QUA-LiS NRW, 2018a). Lehrkräfte verschiedener Schulformen der Sekundarstufe I und Förderschulen, die alle in dem betreffenden Unterrichtsfach ausgebildet sind und über eine Expertise für inklusiven Unterricht verfügen, bilden dazu ein Entwicklungsteam. Unterstützt werden sie seitens der QUA-LiS NRW durch die dortigen Fachkräfte für fachliche und inklusive Unterrichtsentwicklung, die neben ihrer Expertise für Unterrichtsstandards die aktuelle wissenschaftliche Diskussion zum Fach- wie auch zum inklusiven Unterricht einbringen. Die entwickelten Materialien werden durch verschiedene Gremien hinsichtlich fachlicher Stimmigkeit wie auch förder- bzw. inklusionsorientierter Passung beurteilt, bevor sie im Schulentwicklungsportal des Landes Nordrhein-Westfalen (<https://www.schulentwicklung.nrw.de/>) veröffentlicht werden.

2. Ziendifferenter Fachunterricht

Schülerinnen und Schüler mit und ohne sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf werden in Nordrhein-Westfalen in der Regel in der allgemeinen Schule gemeinsam unterrichtet (Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen (MSB), 2016). Lernende, die aufgrund kognitiver Beeinträchtigungen eine sonderpädagogische Unterstützung erhalten, werden dem ziendifferenten Bildungsgang Lernen oder dem ziendifferenten Bildungsgang Geistige Entwicklung zugeordnet (ebd.). Die Lernenden in diesen ziendifferenten Bildungsgängen bilden eine heterogene Gruppe und arbeiten auf der Grundlage ihres individuellen Förderplans an eigenen spezifischen Lern- und Entwicklungszielen. Hinsichtlich fachlicher Kompetenzen findet, soweit möglich, eine Orientierung an den Kompetenzerwartungen der Grund- bzw. Hauptschule statt. Für den gemeinsamen Unterricht bedeutet dies, dass die Lehrkräfte einen Unterricht planen müssen, der sowohl die Kompetenzansprüche des Lehrplans der allgemeinen Schule wie auch die spezifischen Bildungsansprüche der Schülerinnen und Schüler in ziendifferenten Bildungsgängen gleichermaßen berücksichtigt (Kultusministerkonferenz (KMK), 2011).

3. Gestaltung eines kompetenz- und entwicklungsorientierten Unterrichts

Durch einen inklusiven Unterricht können für alle Lernenden bestmögliche Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten eröffnet und eine Arbeit am Gemeinsamen Lerngegenstand (Feuser, 2011) ermöglicht werden. Dabei gilt es, die individuellen Lernvoraussetzungen zu erheben und kompetenzorientiert bzw. ressourcenorientiert sowohl für das fachliche Lernen als auch zur Ermöglichung von Entwicklungschancen zu beschreiben. Der Gemeinsame Lerngegenstand bildet, wie im Planungsmodell zum inklusiven ziendifferenten Fachunterricht dargestellt (vgl. Abb. 1), die thematische Klammer, die durch ein gewähltes Unterrichtsvorhaben gegeben ist. Dieses Unterrichtsvorhaben muss eine Komplexität aufweisen, die eine breite Auffächerung des Unterrichtsgegenstandes ermöglicht. Nur so ist die Schaffung von Zugangsmöglichkeiten auf unterschiedlichen Ebenen und Niveaus möglich (Feuser, 1989, Feuser, 2018). Dabei werden das jeweilige Fachcurriculum und die basalen Entwicklungsbereiche (KMK, 2011) gleichermaßen in den Blick genommen. Dadurch wird ein ziel- und angebotsdifferenzierter Unterricht ermöglicht. Über die individuelle Förderplanung können eigene spezifische Lern- und Entwicklungsziele vereinbart und im

Unterricht verankert werden. Inhalte, Lernwege, Lernzeiten und Lernergebnisse können so individualisiert und personalisiert werden.

„Inklusiver Fachunterricht unterbreitet fachbezogene Bildungsangebote für alle Schüler*innen und ermöglicht individuelle Lernfortschritte und subjektiv sinnvolle Teilhabe an gemeinschaftlich erlebten Unterrichtsangeboten“ (Musenberg & Riegert, 2015, S. 24). Die differenzierte Unterrichtsgestaltung setzt fachdidaktische Ansprüche des Unterrichtsfaches in Beziehung zu individuellen Kenntnissen, Kompetenzen, Perspektiven und Interessen (ebd.). Neben fachlich-curricularen Aspekten finden auch entsprechend der Prämissen sonderpädagogischer Förderung individuell-entwicklungsbezogene Aspekte Berücksichtigung. Eine solchermaßen gestaltete Lernumgebung bietet herausfordernde und fördernde Inhalte und Aufgabenarrangements zum fachlichen und entwicklungsbezogenen Kompetenzerwerb. Prinzipien der Differenzierung und Variationen in der Aufgabengestaltung unterstützen diesen Anspruch (QUA-LiS NRW, 2018b).



Abb. 1: Unterrichtsplanungsmodell zum inklusiven zieldifferenten Fachunterricht (eigene Darstellung in Erweiterung des Unterrichtsplanungsmodells zum inklusiven Fachunterricht der QUA-LiS NRW) (QUA-LiS NRW, 2018c)

Die Expertisen von Fach- und Förderschullehrkräften wirken hier gemeinsam und sorgen für optimale Lernumgebungen für alle Schülerinnen und Schüler der Lerngruppe (Werning & Arndt, 2015). Der (gemeinsame) Unterrichtsplanungs-, Durchführungs- und Reflexionsprozess kann durch ein Modell zur Gestaltung inklusiven Fachunterrichts (vgl. Abb. 1) gestützt werden. Es bündelt die Planungselemente, die einer leistungsmäßig heterogenen Gruppe von Lernenden eine Arbeit an einem Gemeinsamen Lerngegenstand, der auf unterschiedlichen Erfahrens- und Erkenntniswegen erschlossen werden kann, ermöglicht.

4. Lernstrukturgitter als Planungshilfe für einen inklusiven Unterricht

Für die jeweils fachspezifische Planung ergänzen Formate, die sowohl die Kompetenzerwartungen des Faches als auch die damit zu verbindenden Entwicklungschancen konkretisieren, das grundlegende Unterrichtsplannungsmodell. Aufgrund der Sachlogik der naturwissenschaftlichen Fächer kann das Prinzip des Lernstrukturgitters nach Kutzer (1998) ein diagnostisch-didaktisches Bezugssystem für die Wahl der Inhalte und Vermittlungsformen bieten. Eine Arbeit an einem Gemeinsamen Lerngegenstand kann auf der Grundlage einer solchen Planung in einer inklusiven Lerngruppe ermöglicht werden.

4.1 Zusammenhang von Komplexität und kognitivem Anspruch im Lernstrukturgitter nach Kutzer (1998) und Feuser (2011)

Kutzer (1998) verbindet in seiner grafischen Darstellung die Komplexität des Inhalts (horizontale Achse) und das Niveau der Auseinandersetzung mit dem Inhalt (vertikale Achse). Werning und Lütje-Klose (2016) stellen fest, dass das Folgen von Kutzers Intention Fähigkeiten zur Abstraktion und das Erkennen von Zusammenhängen für alle Lernenden ermöglicht. Wie auch Kutzer geht Feuser (2011) zum einen von der Sachstruktur des Unterrichtsgegenstandes (horizontale Achse) aus, der entsprechend komplex gewählt werden und in einen lebensweltbedeutsamen Zusammenhang gestellt werden muss, um möglichst vielen Schülerinnen und Schülern Anknüpfungs- und Weiterentwicklungsmöglichkeiten zu eröffnen. Auf der vertikalen Achse verortet er die Tätigkeitsstruktur, die die kognitiven Prozesse umfasst, die mit Lernprozessen verknüpft sind. Auf der Grundlage ihrer bzw. seiner momentanen Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungskompetenz erschließt sich die Schülerin bzw. der Schüler in tätiger Auseinandersetzung den Unterrichtsgegenstand (Feuser, 2011). Erst dieses Zusammenwirken ermöglicht auch das Erreichen übergeordneter Ziele: eine naturwissenschaftliche Grundbildung sowie Orientierung, Teilhabe, Lebensgestaltung und Selbstbestimmung (Stinken-Rösner et al., 2020).

4.2 Lernstrukturgitter als Planungshilfe für einen inklusiven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht

In der QUA-LiS NRW wurde die oben beschriebene Grundstruktur des Lernstrukturgitters hinsichtlich einer spezifischeren Passung für den inklu-

siven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht adaptiert. Die roten Pfeile an den beiden Achsen markieren einen Unterrichtsverlauf, der sowohl durch die Sachstruktur als auch die Tätigkeitsstruktur bestimmt wird.

Die Sachstruktur des Unterrichtsgegenstandes wird in fünf Kategorien veranschaulicht, die die horizontale Achse gliedern. Von links nach rechts erhöht sich die Komplexität der inhaltlichen Struktur (vgl. Abb. 2).

a) Fakten, Gegenstände, Situationen, Phänomene	b) Mehrere Fakten	c) Zusammenhänge, Beziehungen, Abläufe	d) Mehrere Zusammenhänge	e) Ideen, Modelle, Vorstellungen
--	-------------------	--	--------------------------	----------------------------------

Abb. 2: Gliederung der horizontalen Achse des adaptierten Lernstrukturgitters der QUA-LiS NRW (QUA-LiS NRW, 2018d)

Die Tätigkeitsstruktur wird auf der vertikalen Achse durch Kategorien abgebildet, die kognitive Prozesse beschreiben, die mit Lernprozessen verknüpft sind (vgl. Abb. 3).

5 Übertragen z.B. Transfer, Anwenden, Dekontextualisierung, Problemlösen
4 Begreifen z.B. Einordnen ins Wissenssystem; „Erkenntnis“, Erklären von: Eigenschaften, Beziehungen, Gültigkeitsbereiche, Ausprägungen, Abgrenzungen, Einordnung, Vernetzung
3 Klären z.B. Experimentieren, Untersuchen, Hypothesen prüfen, Verallgemeinern, Analysieren, Schließen
2 Erkunden z.B. Beobachten, Verändern, Anordnen
1 Wahrnehmen z.B. Erkennen, Erfahren, Mitmachen, Dabei-Sein, Spüren, Erinnern, Bemerken, Fokussieren

Abb. 3: Gliederung der vertikalen Achse des adaptierten Lernstrukturgitters der QUA-LiS NRW (QUA-LiS NRW, 2018d)

Durch die Anlage der beiden Achsen ergeben sich 25 Felder (a1, a2 ...; e5). Dort sind Unterrichtshandlungen verortet, die durch die Kategorien auf der horizontalen und der vertikalen Achse bestimmt sind. Der Wahl der Kategorien auf der horizontalen und der vertikalen Achse liegen theoretische

Modelle zugrunde, die eine fachlich fundierte Einordnung der Unterrichtshandlungen und der damit verknüpften Aufgaben ermöglichen. Zur Abbildung der Komplexität der Sachstruktur wurde das Modell zur Aufgabenbewertung von Walpuski et al. (2010) gewählt, welches im Projekt zur Evaluation der Standards für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I entwickelt wurde. Die Basismodelle des Lernens nach Oser (siehe z. B. Trendel & Lübeck, 2018) bilden die Grundlage zur anschaulichen Formulierung der Kategorien auf der vertikalen Achse, die die kognitiven Prozesse abbilden. Die einzelnen Kategorien sind hinsichtlich beobachtbarer Lernprozesse weiter aufgegliedert. Eine Steigerung des Niveaus erfolgt ausgehend von konkreten Handlungen hin zu komplexer werdenden kognitiven Prozessen. Die Leserichtung erfolgt an dieser Achse von unten nach oben.

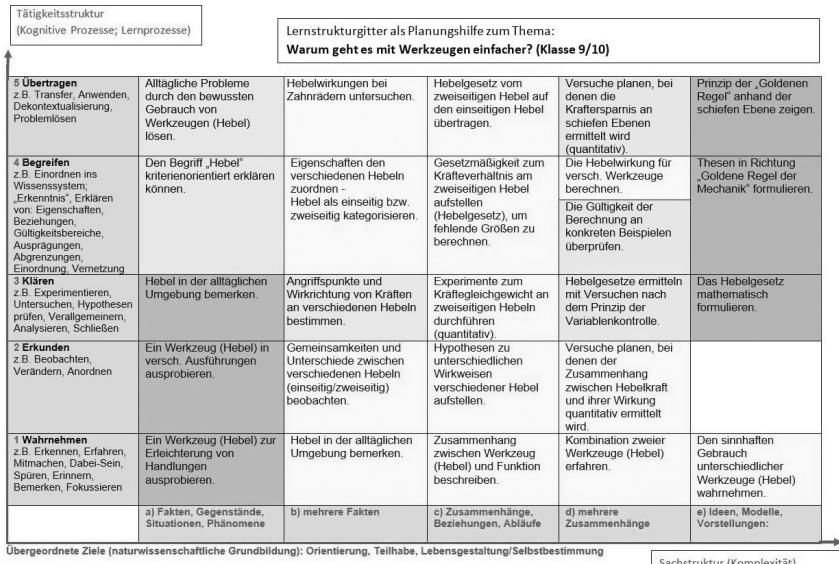


Abb. 4: Lernstrukturgitter der QUA-LiS NRW als Planungshilfe zum Thema „Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?“ (QUA-LiS NRW, 2018d)

Im dargestellten Lernstrukturgitter ist eine Unterrichtsplanung verortet, die allen Schülerinnen und Schülern eine Beantwortung der Frage „Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?“ ermöglichen soll. Diese Frage bildet hier den Gemeinsamen Lerngegenstand. Die hinterlegten Unterrichtshandlungen und Aufgaben ermöglichen ein gemeinsames Arbeiten im Unterricht unter Berücksichtigung spezifischer Ziele, Inhalte, Lernwege, Lernzeiten und Lernergebnisse.

Das Feld (a1), welches sich unten links im Lernstrukturgitter befindet, beschreibt einen basalen Zugang zum Lerngegenstand. In dem hier ausgewählten Beispiel wird vorgeschlagen, Schülerinnen und Schüler in grundlegenden Versuchen wahrnehmen zu lassen, dass Werkzeuge mit Hebelwirkungen bestimmte Handlungen erleichtern. So kann beispielsweise das Festziehen oder Lösen von Schrauben mit unterschiedlich langen Schraubenschlüsseln durchgeführt werden. Im Feld oben rechts (e5) ist eine Lernsituation verortet, die die kognitive Anforderung stellt, sich mit dem Lerngegenstand unter Einbezug komplexer Sachverhalte in Verbindung mit vielschichtigen Lernprozessen auseinanderzusetzen. Im dargestellten Beispiel soll die goldene Regel der Mechanik, die zuvor durch Untersuchungen am Hebel abgeleitet wurde, auf die schiefe Ebene übertragen werden.

Der Schwierigkeitsgrad ergibt sich zum einen durch die Komplexität des Lerngegenstandes und zum anderen durch den kognitiven Prozess, der mit dem jeweiligen Lernprozess verknüpft ist (QUA-LiS NRW, 2019). Im Lernstrukturgitter „Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?“ ist z. B. eine gleichlautende Lernhandlung „Hebel in der alltäglichen Umgebung bemerken“ sowohl im Feld a3 als auch im Feld b1 zu finden. Die Verortung im Feld a3 zielt auf eine mögliche Aufgabenstellung, die die Eigenschaften eines Hebels experimentell analysiert. Im Feld b1 läge der Fokus einer Aufgabe darauf, in der alltäglichen Umgebung verschiedene Hebel wahrzunehmen. Differenzierungsmöglichkeiten entstehen somit durch die Verortung von Unterrichtshandlungen in spezifischen Feldern des Lernstrukturgitters.

In welchem Feld die Arbeit am Gemeinsamen Lerngegenstand in der gesamten Lerngruppe bzw. für einzelne Schülerinnen und Schüler startet und über welche Felder diese Arbeit weitergeführt wird, ist jeweils individuell zu entscheiden. Entsprechend der Prämissen der Arbeit an einem Gemeinsamen Lerngegenstand lassen sich in einem solchen Lernstrukturgitter unterschiedliche Zugangsmöglichkeiten für Schülerinnen und Schüler verorten. Für die praktische Unterrichtsplanung müssen die einzelnen Lerndimensionen immer verbunden in den Blick genommen werden. In diesem Sinne muss die Lernstruktur als Ganzes, als Beziehungsgeflecht, welches den Lernprozess bestimmt, untrennbar verbunden bleiben (Kutzer, 1998). Die Tätigkeitsstruktur und die strukturellen Aspekte des Lerngegenstandes bieten eine Entwicklungslogik. Diese ermöglicht die Ableitung von Hinweisen, wie die aktuelle Leistung der Schülerin bzw. des Schülers einzuordnen ist und wohin der Fokus auf die Zone der nächsten Entwicklung zu richten ist. Ausgehend von der individuellen Lernausgangslage kann eine Steigerung der Komplexität von einfachen zu schwierigen Strukturen ein ebenso bedeutsamer Lernschritt sein wie der Vollzug eines Lernprozesses in abstrakteren kognitiven Prozessen. Ebenso können fachliche Anforderungen,

die in Feldern des Lernstrukturgitters verortet sind, eine Herausforderung bieten (QUA-LiS NRW, 2019). Hier können Möglichkeiten eröffnet werden, über Entwicklungschancen für Lernende spezifische Felder zu öffnen und damit ein gemeinsames Lernsetting zu schaffen (KMK, 2011). Beispielsweise kann das Erkunden verschiedener Werkzeuge entsprechend des individuellen Unterstützungsbedarfes unter dem Aspekt der Förderung der taktil-kinästhetischen Wahrnehmung erfolgen (vgl. Abb. 5).

<ul style="list-style-type: none"> • Lernentwicklung/Kognition <ul style="list-style-type: none"> – Kategorien bilden (Kräfte und Phänomene/Auswirkungen) (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a4, b2, b4, c1) – Urteilsbildung / Bewertung (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a5, c4, c3, d2, d4) – Hypothesen entwickeln und aufstellen (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a5, b5, e4) – Transferfähigkeit (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a5, b5, c5, d4, e5) – erfassendes, begriffliches, symbolisches, problemlösendes, vorstellendes Denken (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a3, a5, b1, b4, c4, d3, d4, e4)
<ul style="list-style-type: none"> • emotionale und soziale Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> – Kontaktbereitschaft / Interaktionsfähigkeit // Kooperation/Zusammenarbeit in der Gruppe – Verhalten gegenüber Mitschülerinnen/Mitschülern als hilfreiche Strategie für erfolgreiches Lernen (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: c3, d2, d3, d5) – Regeln beachten (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a1, a2, b5, c3, d2)
<ul style="list-style-type: none"> • körperliche und motorische Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> – ein Werkzeug (Hebel) spüren und deren Wirkung erleben (Taktil-kinästhetische Wahrnehmung) (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a1, a2, a5, b5, c3, d1, e1) – Experimente durchführen (Feinmotorik der Hände // Bewegungskoordination // Bewegungsfähigkeit) (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a1, a2, a5, b5, c3, d1, e1) – visuelle Wahrnehmung // visuelles Gedächtnis (Beobachten) (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a1, a2, a3, b1, b2, b5, c1, c3, d1, e1)
<ul style="list-style-type: none"> • Lern- und Arbeitsverhalten <ul style="list-style-type: none"> – Selbstständigkeit // Eigeninitiative (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a1, a2, a3, a5, b1, b2, c4, c5, d2, d3, d4) – Handlungsorientierung, -ausführung, -planung, -kontrolle (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a5, b2, b5, c3, d2, d4, d5) – Organisieren // Strukturieren (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a2, a5, b2, b3, b4, c1, c3, d2, d3, d5, e1) – Aufmerksamkeit (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a1, a2, a3, b1, b2, b5, c1, c3, d1, e1)

- **Entwicklung des sprachlichen und kommunikativen Handelns**
 - beim Beschreiben der Beobachtungen Begriffe kennen lernen bzw. diese angemessen verwenden (situationsangemessene Sprachfähigkeit // Ausdrucksfähigkeit) (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a4, c1, c2, c4, d2, d3, e1, e3, e4, e5)
 - neue Begriffe verwenden (Wortschatzentwicklung // Wortschatzerweiterung) (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a4, c1, c2, c4, d2, d3, e1, e3, e4, e5)
 - Zuhören – einem oder mehreren Partnern/Partnerinnen zuhören und entsprechend reagieren (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a4, c1, c2, d2)
 - Sprechen – eine lern-/ aufgabenbezogene Kommunikation führen (angebunden an die Felder des Lernstrukturgitters: a4, c1, c2, d2)

Abb. 5: Mögliche Entwicklungschancen zum Lernstrukturgitter als Planungshilfe zum Thema „Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?“
(QUA-LiS NRW, 2018d)

Der Unterrichtsverlauf strebt einen zielgerichteten Kompetenzerwerb an, ermöglicht aber auch individuelle Lernwege. Diese vollziehen sich nicht immer linear, sondern werden durch Richtungswechsel bestimmt sein, die sich durch unterschiedliche Bearbeitungsdauer bzw. -tiefe einzelner Felder zeigen werden (QUA-LiS NRW, 2019). Für Lernende kann es auch individuell bedeutsam sein, sich den Anforderungen einzelner Felder über eine längere Zeitspanne zu stellen, um diese grundlegend zu erarbeiten. Im Hinblick auf den Bildungsgang der allgemeinen Schule wird eine Lernentwicklung angestrebt, die sowohl ein Fortschreiten in der Komplexität des Lerngegenstandes als auch dessen Erschließung in abstrakter werdenden Lernprozessen ablesen lässt. Entscheidend ist die Zone der aktuellen Entwicklung, in der sich die Schülerin bzw. der Schüler befindet und die ihre bzw. seine individuelle Handlungsstruktur bestimmt (Feuser, 2011).

4.3 Anforderungen des Lehrplans – Nutzung der Systematik des fünfstufigen Modells schulischen Lernens für einen inklusiven Unterricht nach Wember

In dem von der QUA-LiS NRW konzeptionierten Lernstrukturgitter als Planungshilfe für einen inklusiven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht werden die einzelnen Felder farbig unterlegt. Die Logik dieser Farbgebung geht auf das fünfstufige Modell schulischen Lernens für einen inklusiven Unterricht zurück (Wember, 2013). Wember verortet den bildungsgangbezogenen differenzierten Unterricht über drei Stufen: der Basisstufe (gelb), der Unterstützungsstufe I (hellblau) und der Erweiterungsstufe I (hellgrün) (vgl. Abb. 6). Diese drei Stufen markieren das zentrale Niveau einer Lerngruppe. Hier ist eine Unterrichtsplanung entsprechend eines normierten Bildungsganges hinterlegt, z. B. dem, der auf die Erreichung eines Mittleren Schulabschlusses ausgerichtet ist. Hinsichtlich einer Pas-

sung des Unterrichts in inklusiven Lerngruppen gilt es, die Unterstützungsstufe II und die Erweiterungsstufe II hinzuzunehmen. Die Erweiterungsstufe II beinhaltet qualitativ und quantitativ vertiefende Aufgaben für besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Auf der Grundlage der individuellen Lern- und Entwicklungspläne umfasst das Angebot der Unterstützungsstufe II Basisaufgaben, die ein fachliches Verständnis fördern.

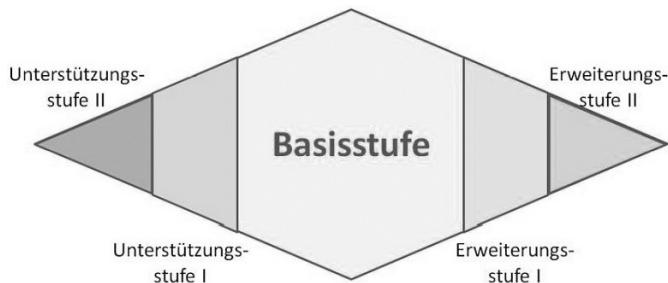


Abb. 6: Fünf Niveaustufen zur Planung differenzierten Fachunterrichts nach Wember (QUA-LiS NRW, 2019)

Die in der Mitte liegende Basisstufe (gelb) umfasst Aufgaben, die den jeweiligen Anforderungen des Lehrplans der Klasse entsprechen. Zielrichtung im Sinne des Kompetenzerwerbs ist es, jeder Schülerin bzw. jedem Schüler das Erreichen der Basisstufe zu ermöglichen. Die blauen Felder markieren mit ihren beiden Farbnuancen zwei Unterstützungsbereiche. Die hellblauen Felder markieren Unterrichtshandlungen, die im Sinne des Scaffolding einbezogen werden können und die den Kompetenzerwerb bezogen auf den jeweiligen Bildungsgang unterstützen. Innerhalb des dunkelblau gekennzeichneten Unterstützungsbereiches kann u. a. auch zieldifferent geförderten Schülerinnen und Schülern ein basaler handlungs- bzw. wahrnehmungsorientierter Zugang zum Lerngegenstand ermöglicht werden. Die grünen Felder markieren mit ihren beiden Farbnuancen Erweiterungsbereiche. Schülerinnen und Schüler, die bezogen auf den Lerngegenstand besonders leistungsfähig sind, finden hier besondere fachliche Herausforderungen. Die Lernsituationen, die in den dunkelgrün hinterlegten Feldern verortet sind, weisen dabei über den curricularen Anspruch der jeweiligen Klassenstufe hinaus. In der Konkretisierung des Lernstrukturgitters auf einen spezifischen Lerngegenstand orientiert sich die Farbgebung der Felder an den Lern- und Entwicklungsvoraussetzungen der konkreten Lerngruppe. In den einzelnen Unterrichtssequenzen innerhalb eines Unterrichtsvorhabens, das ein Inhaltsfeld des Lehrplans abdeckt, kann die Basisstufe deshalb breiter gefasst sein, um den Kompetenzerwerb der Lerngruppe abzusichern bzw. kann der gemeinsame Start auch in einem blau

gekennzeichneten Feld verortet sein, wenn z. B. das benötigte Vorwissen nicht in ausreichendem Maß vorhanden ist.

5. Einsatz des Lernstrukturgitters als Planungshilfe zum Thema „Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?“¹

Im Folgenden soll beschrieben werden, in welchen Schritten ein Lernstrukturgitter erstellt werden kann. Dabei empfiehlt es sich, die Planung mit einem Team von Lehrkräften durchzuführen, sei es im Jahrgangsteam, der Fachkonferenz oder einem multiprofessionellen Team, welchem auch Förderschullehrkräfte angehören. Beispielsweise kann ein durch die Fachlehrkräfte erstellter erster Planungsentwurf dazu dienen, diesen durch Förderschullehrkräfte hinsichtlich der Reduzierung von Komplexität bzw. Ergänzung alternativer Lernzugänge zu erweitern. Differenzierungsmöglichkeiten innerhalb der einzelnen Felder können konstruktiv im gemeinsamen Dialog entwickelt werden. Durch die Expertise der Förderschullehrkräfte werden mögliche Entwicklungschancen in der Planung ergänzt. Das in der Tab. 1 dargestellte Vorgehen kann in seinem Ablauf variiert und mit individuell vertrauten Vorgehensweisen kombiniert werden.

Tab. 1: Planungsschritte zum Erstellen eines Lernstrukturgitters
(eigene Darstellung in Anlehnung an QUA-LiS NRW) (QUA-LiS NRW, 2019)

Planungsschritte	Planungsimpulse	Konkretisierung
1. Wähle einen Unterrichtsgegenstand gemäß eines Inhaltsfelds des Lehrplans.	→ ausreichende Komplexität → unterschiedliche Aneignungswege → Lebensweltbezug	„Nutzung und Umwandlung von Energie“ aus dem Inhaltsfeld „Energie, Leistung, Wirkungsgrad“ des Kernlehrplans Naturwissenschaften an Gesamtschulen in NRW (MSW, 2013, S. 108)
2. Bestimme die fachlichen Kerne des gewählten Unterrichtsgegenstandes und formuliere zentrale Fragestellungen, um diese zu erschließen.	→ Thema in seiner inhaltlichen Komplexität aufspannen → Bezug zur Lebenswelt → Wahl der Angebote und Verankerung im Lernstrukturgitter	zentrale Fragestellungen: <ul style="list-style-type: none">• Wie erkennt man Kräfte?• Warum geht es mit Werkzeugen einfacher?• Wie lassen sich Kräfte (ein)sparen?• Wie lässt sich die vorhandene Energie optimal nutzen?

1 Hinweise zu diesem Unterrichtsvorhaben finden sich im Lehrplannavigator der QUA-LiS NRW unter: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht-zu-den-naturwissenschaftlichen-faechern/zum-fach-physik/klasse-9-10-energie-leistung-wirkungsgrad/index.html> [11.12.2020].

Planungsschritte	Planungsimpulse	Konkretisierung
3. Ermittle Unterrichtshandlungen mit zunehmender Komplexität, die einen Kompetenzerwerb gemäß dem Unterrichtsgegenstand ermöglichen.	<ul style="list-style-type: none"> → Beschreibung der Komplexität von Inhalten in fünf Stufen: <ul style="list-style-type: none"> • ein Fakt • mehrere Fakten • ein Zusammenhang • mehrere Zusammenhänge • übergeordnetes Konzept → ggf. Komplexitätsstufen betiteln 	<p>Komplexitätsstufe 1: Ein Werkzeug (Hebel) zur Erleichterung von Handlungen ausprobieren (später eingeordnet in Feld a1)</p> <p>Komplexitätsstufe 3: Experimente zum Kräftegleichgewicht an zweiseitigen Hebelen durchführen (später eingeordnet in Feld c3)</p> <p>Komplexitätsstufe 5: Prinzip der „Goldenen Regel“ anhand der schiefen Ebene zeigen (später eingeordnet in Feld e5)</p>
4. Gleiche die Unterrichtshandlungen mit den spezifischen Kompetenzerwartungen des Lehrplanes ab.	<ul style="list-style-type: none"> → Herstellen eines Zusammenhangs zwischen den Unterrichtshandlungen und den Kompetenzerwartungen des Lehrplans → Abgleich mit den spezifischen Unterrichtsvorgaben für Lernende mit sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf 	<p>konkretisierte Kompetenzerwartung: Die Schülerinnen und Schüler können auf der Grundlage von Beobachtungen [...] verallgemeinernde Hypothesen zu Kraftwirkungen und Energieumwandlungen entwickeln und diese experimentell überprüfen. (MSW, 2013, S. 108)</p> <p>Unterrichtshandlungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hypothesen zu unterschiedlichen Wirkweisen verschiedener Hebel aufstellen (später eingeordnet in Feld c2) • Experimente zum Kräftegleichgewicht an zweiseitigen Hebelen durchführen (später eingeordnet in Feld c3)
5. Ordne die Handlungen den kognitiven Prozessen zu, die bei der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand stattfinden.	Abstraktionsstufen der kognitiven Prozesse: 1 Wahrnehmen 2 Erkunden 3 Klären 4 Begreifen 5 Übertragen	<p>„Wahrnehmen“: Ein Werkzeug (Hebel) zur Erleichterung von Handlungen ausprobieren</p> <p>„Klären“: Experimente zum Kräftegleichgewicht an zweiseitigen Hebelen durchführen</p> <p>„Übertragen“: Prinzip der „Goldenen Regel“ anhand der schiefen Ebene zeigen</p>

Planungsschritte	Planungsimpulse	Konkretisierung
6. Ordne den einzelnen Feldern des Lernstrukturgitters Unterrichtshandlungen zu.	→ Arbeit am Gemeinsamen Lerngegenstand ermöglichen → ggf. bleiben Felder frei	Phänomene wahrnehmen (a1); Ein Werkzeug (Hebel) zur Erleichterung von Handlungen ausprobieren <u>Ideen übertragen (e5):</u> Prinzip der „Goldenens Regel“ anhand der schiefen Ebene zeigen
7. Ordne die Handlungen den Stufen des Wember-Modells zu und hinterlege die Felder mit der entsprechenden Farbe.	→ Basisstufe (gelb): Aufgaben gemäß Lehrplan → Erweiterungsstufe I (hellgrün): weiterführende Angebote → Erweiterungsstufe II (dunkelgrün): vertiefende Angebote für best. SuS → Unterstützungsstufe I (hellblau): hinführende Angebote → Unterstützungsstufe II (dunkelblau): basaler handlungs- und wahrnehmungsorientierter Zugang	Basisstufe: Zusammenhang zwischen Werkzeug (Hebel) und Funktion beschreiben (c1) Erweiterungsstufe I: Hebelgesetze ermitteln mit Versuchen nach dem Prinzip der Variablenkontrolle (d3) Erweiterungsstufe II: Prinzip der „Goldenens Regel“ anhand der schiefen Ebene zeigen (e5) Unterstützungsstufe I: Den Begriff „Hebel“ kriterienorientiert erklären können (a4) Unterstützungsstufe II: Ein Werkzeug (Hebel) zur Erleichterung von Handlungen ausprobieren (a1)
8. Wähle oder erstelle zu den einzelnen Feldern passgenaue Aufgaben.	→ eigene Aufgaben und/oder Aufgaben aus Lehrwerken → Aufgaben evtl. durch Verortung in einem anderen Feld variieren, umgestalten → spezifische Felder über Entwicklungschancen öffnen	Aufgabe zur Handlung „Ein Werkzeug (Hebel) in verschied. Ausführungen ausprobieren“ (a2): „Scheren sind zum Schneiden da“ (vgl. Abb. 7)
9. Ermittle und markiere Entwicklungschancen.	→ parallele Betrachtung von Gefährdungsbeurteilung und zentralen Indikatoren in den Entwicklungsbereichen → unterrichtsbezogene Absprachen treffen	Entwicklungschancen: <ul style="list-style-type: none">• Bereitschaft, sich auf Inhalte und Bearbeitungsformen einzulassen• grob- und feinmotorische Kompetenz• naturwissenschaftliche Arbeitstechniken: Ineinanderstecken, Schrauben, Portionieren, Anzünden...• Verfügen über metakognitive Strategien z. B. Planung, Durchführung und Auswertung von Aufgaben

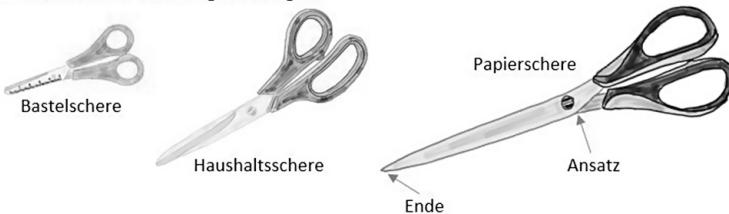
Planungsschritte	Planungsimpulse	Konkretisierung
10. Ermittle Lernpfade mit Hilfe des Lernstrukturgitters.	→ Lern- und Entwicklungsplanung → Zone der nächsten Entwicklung → evtl. sind individuelle Lernpfade notwendig	exemplarischer Lernpfad für eine Schülerin/einen Schüler im ziel-differenten Bildungsgang Geistige Entwicklung: a1, a2, a3, a4, a5, b1, b2, b3, b4, c1, c2, c3, c4, d2, d3, e1

Nicht jeder Lerngegenstand lässt sich thematisch komplex bzw. über alle Abstraktionsstufen hinweg aufspannen. Deshalb kann es vorkommen, dass Feldern des Lernstrukturgitters keine Unterrichtshandlungen zugeordnet werden können. Im Hinblick auf die Heterogenität der Lerngruppe sollten aber ausreichend Angebote zur Arbeit an einem Gemeinsamen Lerngegenstand zur Verfügung stehen.

Scheren sind zum Schneiden da

Name: _____

Du hast ein Werkzeug ausprobiert. Dabei hast du herausgefunden, wie das Werkzeug funktioniert und wie man sich damit das Leben erleichtert. Nun sollst du am Beispiel von Scheren erklären, **warum** es mit einem Werkzeug leichter geht.



Führe die Versuche der Reihe nach durch. Erledige zu jedem Versuch die Durchführung. Wenn du einen Punkt erledigt hast, mache einen Haken daran.

1. **Versuch:** Schneiden mit der Bastelschere

Material: Bastelschere, mehrere Blätter Papier



Durchführung:

- Nimm deine kleine Bastelschere und schneide damit ein Blatt Papier durch.
- Schneide das Blatt einmal mit dem Ende der Schere.
- Schneide das Blatt nun mit dem an der Schraube liegenden Ansatz der Schere.
- Wiederhole die Durchführung der Schritte a, b und c. Nimm nun zehn Blätter auf einmal.

Auswertung: Notiere jeweils, wie schwer oder einfach das war.

Abb. 7: Aufgabe zur Unterrichtshandlung im Feld a2 (eigene Darstellung in Anlehnung an das Unterrichtsmaterial der QUA-LiS NRW für das Feld a2 des Lernstrukturgitters) (QUA-LiS NRW, 2018e)

Die Planung bezieht sich auf das Inhaltsfeld „Energie, Leistung, Wirkungsgrad“ (Klasse 9/10) im Lehrplan für das Fach Naturwissenschaften an der Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen (MSW, 2013). Aufbauend auf ersten Erfahrungen mit Kräften, ihren Ursachen und ihrer Wirkung ist in der Arbeit an diesem Inhaltsfeld die gezielte Erkundung von natürlichen und

technischen Phänomenen im Zusammenhang mit Werkzeugen und deren Nutzung eine wesentliche Zielsetzung. Alltagspraktische mechanische Geräte können weiter erkundet werden. Wichtig ist die fachliche Einordnung der Werkzeuge in die fachlichen Konzepte zu Kräften und mechanischen Energieformen. Dementsprechend knüpft der Unterricht eng an Erfahrungen aus dem Alltag an, die bei den Schülerinnen und Schülern sehr unterschiedlich sein können (vgl. Abb. 7).

Über eine Auseinandersetzung mit diesen und weiteren Erfahrungen lassen sich altersgemäße physikalische Konzepte und Vorstellungen entwickeln oder weiter ausbauen sowie Elemente des naturwissenschaftlichen Arbeitens weiter einüben. Die Thematik „Werkzeuge“ im Unterricht der Jahrgangsstufen 9 oder 10 ist in diesem Sinne besonders geeignet, weil sie deutliche Bezüge zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler herstellt und den Übergang von subjektiver Empfindung zu objektiven Verfahren der Physik deutlich werden lässt: „Im Physikunterricht finden die Schülerinnen und Schüler vielfältige Anlässe, interessante natürliche und technische Phänomene unter eigenen Fragestellungen zu erkunden und physikalische Modelle zur Erklärung zu nutzen. Sie erkennen, wie Ergebnisse der Physik in nicht unerheblichem Maße ihre Lebenswelt formen und verändern. Sie gewinnen ein grundlegendes physikalisches Verständnis ihrer Lebenswelt, insbesondere auch zur Bewältigung technischer Alltagsprobleme.“ (MSW, 2013, S. 11).

In einem ersten Schritt werden diejenigen fachlichen Kerne dieses Inhaltsfeldes² identifiziert, die im Unterrichtsverlauf von allen Schülerinnen und Schülern bearbeitet und verstanden werden sollen. Zur Erschließung der fachlichen Kerne werden vier Fragestellungen formuliert, die jeweils in einem Lernstrukturgitter in eine Planung überführt werden. In einem Advance Organizer (vgl. Abb. 8), der die gesamte Arbeit an diesem Inhaltsfeld begleitet, werden diese in den zentralen Feldern in der Mitte dargestellt. Diese spezifische Form eines Advance Organizer geht auf die Idee von Wahl (2013) zurück, den Zusammenhang von Inhalten als Lernhilfe zu veranschaulichen. Für Schülerinnen und Schüler mit Lernbeeinträchtigungen sieht Ellinger (2017), dass dieser eine orientierende Struktur abbilden müsste. Daraus abgeleitet ist in der QUA-LiS NRW eine Variante eines

2 Auf der Basis fach- oder themenspezifischer Schwerpunktsetzung besteht sowohl die Möglichkeit, ein Gesamt- oder ein Teilinhaltsfeld des Lehrplans abzubilden als auch eine Struktur von Unterricht bezogen auf einen fachlichen Schwerpunkt darzustellen.

Advance Organizer³ entwickelt worden, die in strukturierter Form nicht nur die Inhalte visualisiert, sondern auch die Kompetenzerwartungen, die Grundvoraussetzungen bzw. Basiskompetenzen wie auch das angestrebte Produkt des jeweiligen Unterrichtsvorhabens. Da dieser Advance Organizer auch Elemente einer Lernlandkarte beinhaltet, können sich alle Lernenden auch hinsichtlich ihres individuellen Kompetenzerwerbs verorten.

Energie – Leistung – Wirkungsgrad (Klasse 9/10)



Die Symbole sind entnommen den Icons von „METACOM“ Symbole © Annette Köttinger

Abb. 8: QUA-LiS spezifischer Advance Organizer (QUA-LiS NRW, 2019)

6. Fazit

Die von der QUA-LiS NRW entwickelte Form eines Lernstrukturgitters als Planungshilfe für einen inklusiven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht bietet die Möglichkeit, einen Lerngegenstand hinsichtlich der Komplexität des Inhalts (horizontale Achse) und des Niveaus der Auseinandersetzung mit dem Inhalt (vertikale Achse) zu veranschaulichen. Die fachdidaktischen Ansprüche des naturwissenschaftlichen Faches können so

3 Die Funktion des QUA-LiS spezifischen Advance Organizer im inklusiven zieldifferenten Fachunterricht wird beschrieben unter: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/lernumgebungen-gestalten/scaffolding-/scaffolding.html> [11.12.2020].

in unterschiedlicher inhaltlicher Komplexität wie auch bezogen auf unterschiedliche Zugangsweisen betrachtet werden. Hinsichtlich der Heterogenität der Lerngruppe bezogen auf kognitive Lernvoraussetzungen lassen sich diese Zugangsweisen im Unterrichtsplanungsprozess förderlich nutzen. So kann ein Zugang sowohl über das fachliche Lernen als auch über die Entwicklungschancen gelegt werden und entwicklungsbezogene Zielsetzungen können das fachliche Lernen stützen.

Die Rückmeldungen aus Unterrichtspraxis, Lehreraus- und -fortbildung haben gezeigt, dass sich die in der QUA-LiS NRW adaptierte Form eines Lernstrukturgitters als Planungshilfe für den inklusiven zieldifferenten naturwissenschaftlichen Unterricht eignet. Unter anderem werden die in der QUA-LiS entwickelten Lernstrukturgitter im Rahmen des SINUS.NRW-Projektes „Naturwissenschaftlicher Unterricht in stark heterogenen Lerngruppen der Sekundarstufe I“ (2020) zur Kategorisierung von Aufgaben verwendet. Im Projekt „Zukunftsschulen NRW“⁴ ist im Netzwerk Köln eine Erprobung von Lernstrukturgittern als Planungshilfe für die Aufgabenerstellung und Auswahl geplant⁵. Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer erkennen Möglichkeiten eines differenziert angelegten sachlogischen Aufbaus von Unterrichtsvorhaben. Förderschullehrkräfte erkennen weitere Planungsansätze hinsichtlich der Berücksichtigung besonderer Zugangsmöglichkeiten und auch der Eröffnung von Entwicklungschancen durch den Bezug zu den basalen Entwicklungsbereichen (Felix-Fechenbach-Gesamtschule, 2020). Inwieweit die Lernstrukturgitter für das gesamte Heterogenitätsspektrum des zieldifferenten Bildungsganges Geistige Entwicklung unterstützende Angebote abbilden können, wird durch weitere Entwicklungsarbeiten in der QUA-LiS NRW geprüft.

Unseres Erachtens eröffnet die Planung mit Hilfe der Lernstrukturgitter insgesamt differenzierte Zugänge für Schülerinnen und Schüler einer heterogenen Lerngruppe im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. Durch die Berücksichtigung basal-perzeptiver, konkret über Erfahren und Handeln bezogener Zugänge bis hin zu solchen, die kognitiv zu abstrakter Modellbildung herausfordern, werden nicht nur Lernende mit kognitiven Beeinträchtigungen adressiert. Dadurch, dass die Komplexität der Unterrichtsinhalte und -ziele sowohl durch Elementarisierung als auch durch das

-
- 4 Im Netzwerk „Zukunftsschulen NRW – Netzwerk Lernkultur Individuelle Förderung“ finden Schulen Raum für eine begleitete Netzwerkarbeit im Bereich der individuellen Förderung. Die Schulen erhalten Unterstützung in ihrer Unterrichts- und Schulentwicklung. <https://www.zukunftsschulen-nrw.de/> [15.01.2021].
 - 5 https://www.zukunftsschulen-nrw.de/fileadmin/user_upload/regional/koeln/Formulare/20-02-11_Flyer_GE_HA1_4rth.pdf [15.01.2021].

Einbeziehen erweiterter Fertigkeiten dargestellt wird, „lässt sich erreichen, dass der Unterricht für alle Lernenden bewältigbar und herausfordernd gestaltet werden kann und in der Zone der nächsten Entwicklung angesiedelt ist.“ (Hoffmann & Menthe, 2016, S. 354). Eine mögliche Verknüpfung des Lernstrukturgitters als Planungshilfe mit dem Schema ‚Scientific literacy for all‘ (Stinken-Rösner et al., 2020) und insbesondere mit den damit verbundenen unterstützenden Fragen zur Planung inklusiver Unterrichtseinheiten (ebd.) wäre unserer Meinung nach eine zielführende Weiterentwicklung des Ansatzes der QUA-LiS NRW.

Weitere Rückmeldungen aus der Unterrichtspraxis zu Erfahrungen mit diesem Planungsinstrument und ggf. weitere Entwicklungsprojekte zum inklusiven Fachunterricht müssten Aufschluss geben, inwieweit dieses sich hinsichtlich weiterer Differenzkategorien und Heterogenitätsdimensionen offen zeigt. Ein bereits terminiertes Projekt zur Lehrkräftefortbildung, welches den Transfer der Lernstrukturgitter als Planungshilfe in heterogenen Lerngruppen anstrebt, wird weitere Erkenntnisse bringen.

Literaturverzeichnis

- Ellinger, S. (2017). Aufmerksamkeitsförderung durch Advance Organizer. In C. Einheldinger, S. Ellinger, O. Hechler, A. Köhler & E. Ullmann (Hrsg.), *Studienbuch Lernbeinträchtigung. Band 2: Handlungsfelder und Förderansätze* (S. 197–218). Oberhausen: Athena.
- Felix-Fechenbach-Gesamtschule (2020). *Inklusionskonzept der Felix-Fechenbach-Gesamtschule: Aspekte/Herausforderungen der Binnendifferenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht an der Felix-Fechenbach-Gesamtschule*. https://ffgleo.de/wp/?page_id=3949 [15.01.2021].
- Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. *Behindertenpädagogik*, 28(1), 4–48.
- Feuser, G. (2011). Entwicklungslogische Didaktik. In A. Kaiser, D. Schmetz, P. Wachtel & B. Werner (Hrsg.), *Didaktik und Unterricht* (S. 86–100). Stuttgart: Kohlhammer.
- Feuser, G. (2018). *Wider die Integration der Inklusion in die Segregation – Zur Grundlegung einer Allgemeinen Pädagogik und entwicklungslogischen Didaktik*. Berlin: Peter Lang.
- Hoffmann, T., Menthe, J. (2016). Inklusiver Chemieunterricht – Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In J. Menthe, D. Höttcke, T. Zabka, M. Hammann, M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe – Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 351–360). Münster: Waxmann.
- Kultusministerkonferenz (2011). *Empfehlungen zur inklusiven schulischen Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_10_20-Inklusive-Bildung.pdf [11.12.2020].

- Kutzer, R. (1998). Überlegungen zur Unterrichtsorganisation im Sinne strukturorientierten Lernens. In H. Probst (Hrsg.), *Mit Behinderungen muss gerechnet werden* (S. 15–69). Solms: Jarick Oberbiel.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2016). *Verordnung über die sonderpädagogische Förderung, den Hausunterricht und die Schule für Kranke (Ausbildungsordnung sonderpädagogische Förderung – AO-SF)*. <https://bass.schul-welt.de/6225.htm> [11.12.2020].
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften, Biologie, Chemie, Physik*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/130/KLP_GE_NW.pdf [11.12.2020].
- Musenberg, O. & Riegert, J. (Hrsg.) (2015). *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) (2018a). *Lehrplannavigator: Inklusiver Fachunterricht*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/inklusiver-fachunterricht/index.html> [11.12.2020].
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) (2018b). *Lehrplannavigator: Inklusiver Fachunterricht. Lernumgebungen gestalten*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/lernumgebungen-gestalten/index.html> [11.12.2020].
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) (2018c). *Lehrplannavigator: Inklusiver Fachunterricht. Grundlagen*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/grundlagen/index.html> [11.12.2020].
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) (2018d). *Lehrplannavigator: Inklusiver naturwissenschaftlicher Fachunterricht. Physik. Klasse 9/10: Energie – Leistung – Wirkungsgrad. Sequenzierung der vier Lernstrukturgitter*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/zu-den-naturwissenschaftlichen-faechern/zum-fach-physik/klasse-9-10-energie-leistung-wirkungsgrad/sequenzierung-vier-lernstrukturgitter/index.html> [11.12.2020].
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) (2018e). *Lehrplannavigator: Inklusiver naturwissenschaftlicher Fachunterricht. Physik. Klasse 9/10: Energie – Leistung – Wirkungsgrad. Materialien zum Lernstrukturgitter*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/zu-den-naturwissenschaftlichen-faechern/zum-fach-physik/klasse-9-10-energie-leistung-wirkungsgrad/materialien-zum-lernstrukturgitter-2/index.html> [11.12.2020].
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule NRW (QUA-LiS NRW) (2019). *Lehrplannavigator: Inklusiver naturwissenschaftlicher Fachunterricht. Lernstrukturgitter als Planungshilfe*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/zu-den-naturwissenschaftlichen-faechern/lernstrukturgitter-als-planungshilfe/index.html> [11.12.2020].
- SINUS.NRW (2020). *Naturwissenschaften – Naturwissenschaftlicher Unterricht in stark heterogenen Lerngruppen der Sekundarstufe I*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus> [15.01.2021].
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3, 30–45.

- Trendel, G. & Lübeck, M. (2018). Die Entwicklung experimenteller Kompetenzen. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), SINUS.NRW: *Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten* (S. 117–149). https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/upload/Phase05/Broschuere/SINUS_Gesamt.pdf [08.07.2020].
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom tragen Wissen zum kompetenten Handeln*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrmann, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184) Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wember, F. B. (2013). Herausforderung Inklusion: Ein präventiv orientiertes Modell schulischen Lernens und vier zentrale Bedingungen inklusiver Unterrichtsentwicklung. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 64(10), 380–388.
- Werning, R. & Arndt, A.-K. (2015). Unterrichtsgestaltung und Inklusion. In E. Kiel (Hrsg.), *Inklusion im Sekundarbereich* (S. 53–86). Stuttgart: Kohlhammer.
- Werning, R. & Lütje-Klose, B. (2016). *Einführung in die Pädagogik bei Lernbeeinträchtigungen* (4. überarb. Auflage). München, Basel: Ernst Reinhardt.

Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik

Zusammenfassung: In der aktuellen bildungspolitischen Diskussion stehen insbesondere Inklusion und die Digitalisierung des Unterrichts im Fokus. Trotz gleicher Ziele, nämlich dem Abbau von Barrieren und der Partizipation aller Lernenden (Ainscow, 2007; KMK, 2016), finden beide Diskussionen jedoch häufig getrennt voneinander statt. Die Forderung nach Partizipation aller gilt auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht, der jedoch mit seinen speziellen Denk- und Arbeitsweisen komplexe Ansprüche an Lehrende und Lernende stellt. Durch die starke Handlungsorientierung und vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten für digitale Medien kann der Forderung dennoch nachgekommen werden, was im Rahmen dieses Beitrages gezeigt wird. Es wird diskutiert, auf welche Weise digitale Medien dabei helfen können, naturwissenschaftstypische Barrieren zu minimieren, aber auch, ob durch ihren Einsatz andere Barrieren, Benachteiligung oder Separation entstehen können.

Schlagwörter: Digital Literacy, Naturwissenschaftliche Grundbildung, Digitale Medien, Inklusion, Barrieren

Digital media as mediators in the field of tension between science and inclusive education

Abstract: Currently, the focus of educational debates is among other on inclusion and digitalization. Despite the same goals, namely the minimization of barriers and the participation of all students (Ainscow, 2007; KMK, 2016), both discussions often take place separately. The claim for participation is also valid for science education in particular, which – with its special ways of thinking and working – places complex demands on all teachers

and learners. Due to its action-orientation and a wide range of opportunities for using digital media, the claim can be fulfilled, what will be shown in this article. It will be discussed how digital media can help to minimize typical barriers in science education, but also whether the use of digital media can lead to different barriers, discrimination or segregation.

Keywords: digital literacy, scientific literacy, digital media, inclusion, barriers

1. Im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Fachunterricht und inklusiver Pädagogik

Naturwissenschaftlicher Fachunterricht und inklusive Pädagogik scheinen auf den ersten Blick zwei nur schwer vereinbare Perspektiven. Die Partizipation aller Lernenden am naturwissenschaftlichen Unterricht stellt hohe Ansprüche an Lehrende und Lernende: Die Naturwissenschaften zeichnen sich durch komplexe Inhalte, ein hohes Abstraktionsniveau, Mathematisierungen und Modellierungen, den Umgang mit potentiell gefährlichen Materialien und Substanzen sowie spezielle Denk- und Arbeitsweisen aus, die fachspezifische Barrieren darstellen können. Die Partizipation aller Lernenden im naturwissenschaftlichen Unterricht erfordert eine systematische Verknüpfung beider Perspektiven unter besonderer Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen Fachspezifika, wie in dem von Mitgliedern des DFG geförderten Netzwerks ‚Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht‘ (NinU) entwickelten Schema geschehen (Stinken-Rösner et al., 2020).

Im Folgenden werden zunächst beide Perspektiven des Schemas kurz erläutert und typische Barrieren im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht identifiziert. Darauf aufbauend wird aufgezeigt, wie digitale Medien als Mittler im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden können, um fachtypische Barrieren zu minimieren und Partizipation zu ermöglichen. Abhängig von den individuellen Ausgangsbedingungen der Lernenden können jedoch durch den Einsatz digitaler Medien auch neue Barrieren und Exklusionsmechanismen entstehen. Eine kritische Reflexion des Einsatzes digitaler Medien unter Berücksichtigung der Diversität der Lernenden findet abschließend statt.

1.1 Ziele des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts

Die naturwissenschaftliche Bildung (scientific literacy) wird in den Bildungsstandards (KMK, 2005) als wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung bezeichnet. Sie „[...] ermöglicht dem Individuum eine aktive Teil-

habe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung [...]“ (KMK, 2005, S. 6).

In den Naturwissenschaften sollen sowohl die jeweiligen Fachinhalte als auch fächerübergreifende prozessbezogene Kompetenzen vermittelt werden (KMK, 2005). Hierzu können vier Ziele definiert werden (Hodson, 2014; Stinken-Rösner et al., 2020): (A) die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten, (B) das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte, (C) das Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und (D) das Lernen über die Naturwissenschaften. Es sollten jedoch nicht alle Ziele in einer Stunde gleichzeitig adressiert werden (Hodson, 2014).

Des Weiteren soll im Fachunterricht eine angemessene Entwicklung digitaler Kompetenzen gefördert werden (KMK, 2016). Insbesondere digitale „Kompetenzen [...], die für eine aktive, selbstbestimmte Teilhabe in einer digitalen Welt erforderlich sind [...]“ (KMK, 2016, S. 6), also die Partizipation an der technologisch geprägten Gesellschaft ermöglichen, sollen einen integrativen Bestandteil jedes Faches darstellen.

1.2 Ziele der inklusiven Pädagogik

Grundgedanke der inklusiven Pädagogik ist die Partizipation aller Lernenden an Bildung unabhängig von individuellen Merkmalen wie Geschlecht, Alter, Kultur, ethnischer Zugehörigkeit, sozioökonomischer Hintergrund, Religion usw. (Ainscow, 2007).

Um der Diversität und den individuellen Bedürfnissen aller Lernenden gerecht zu werden, müssen zunächst (I) die Diversität und individuelle Potenziale anerkannt und respektiert werden (Booth & Ainscow, 2016; Mastropieri & Scruggs, 2014), (II) potenzielle Barrieren erkannt und (III) daraufhin minimiert sowie Partizipation ermöglicht werden (Stinken-Rösner et al., 2020). Es ist notwendig, neue Wege der Kollaboration, Unterrichtsansätze und Lerngegenstände zu identifizieren, die allen Lernenden gerecht werden.

2. Barrieren des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts

Der naturwissenschaftliche Unterricht stellt hohe Ansprüche an alle Lernenden, die mit einer Vielzahl an Barrieren einhergehen. Krönig (2015) beschreibt vier Bereiche, in denen Barrieren verortet werden können: der Umwelt, der Kommunikation und Interaktion, den Funktionssystemen und dem Selbst, also Barrieren die aus dem Zusammenspiel zwischen individu-

ellen Ausgangsbedingungen und der Situation resultieren. Im Folgenden werden entlang der vier Unterrichtsziele von Hodson (2014; Stinken-Rösner et al., 2020) typische Barrieren beschrieben, die das naturwissenschaftliche Lernen beeinflussen, und in Anlehnung an Krönig (2015) systematisiert (Tab. 1).

2.1 Barrieren bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten (A)

Bereits bei der Auswahl eines Kontextes müssen mögliche Barrieren berücksichtigt werden. Partizipation kann durch die Auswahl von Kontexten gelingen, die für alle Lernenden relevant und anregend sind. Affektive Barrieren können durch die Wahl von Kontexten entstehen, die das Interesse und die Motivation der Lernenden nicht anregen. Insbesondere mit zunehmendem Alter zeigen viele Lernende ein abnehmendes Interesse für den naturwissenschaftlichen Unterricht und dessen Themen (Höft, Bernholt, Blankenburg & Winberg, 2019; Hoffmann, Häufslér & Lehrke, 1998), da sie keinen Bezug zu diesen haben oder aufgrund der Komplexität abgeschreckt werden. Auch Kosten oder rechtliche Begrenzungen können Zugänge verhindern.

2.2 Barrieren beim Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte (B)

Auch Inhalte selbst können eine Barriere darstellen, insbesondere je komplexer oder abstrakter der Lerngegenstand ist. Alle Lernenden bringen individuelle Vorstellungen aus ihrem Alltag mit, die ihren Lernprozess beeinflussen (Lee & Fradd, 1998). Diese können Ressourcen darstellen, aber auch Barrieren erzeugen (verortet im Selbst), z. B. wenn die individuellen Vorstellungen nicht mit den wissenschaftlich akzeptierten Beschreibungen und Interpretationen übereinstimmen (Chandrasegaran, Treagust & Moderino, 2008; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994). Eine weitere Barriere, die im Bereich der Kommunikation und Interaktion verortet werden kann, stellt die naturwissenschaftliche Fachsprache dar, die sich durch spezielle Fachbegriffe und eine präzise Ausdrucksweise von der Alltagssprache unterscheidet. Die Fachsprache ist vielen Lernenden nicht geläufig (Markic & Childs, 2016), ist aber für das Verstehen und die gemeinsame Kommunikation über naturwissenschaftliche Inhalte unabdingbar.

2.3 Barrieren beim Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (C)

Beim Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung können physische sowie kognitive Barrieren bestehen. Viele Fachräume sind nicht barrierefrei gestaltet und bieten nur selten die nötige Flexibilität, damit alle Lernenden barrierefrei agieren können. Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden beinhalten Gerätschaften und Substanzen, deren sachgemäße Nutzung für Lernende physische Barrieren und sogar potentielle Gefahren darstellen können. Diese Barrieren können in der Umwelt verortet werden, das heißt im Zusammenspiel zwischen den Lernenden und der räumlichen Gestaltung sowie der Ausstattung naturwissenschaftlicher Fachräume. Kognitive Barrieren können beim Vornehmen von Interpretationen, Idealisierungen, Mathematisierungen und der Nutzung von abstrakten Modellen entstehen. Das Erfassen von Daten sowie deren sprachliche, grafische und mathematische Darstellung und Interpretation sind komplexe Fähigkeiten, die für das Gewinnen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse unerlässlich sind (Mastropieri & Scruggs, 2014; Price, Johnson & Barnett, 2012), jedoch für viele Lernende Barrieren im Bereich Kommunikation und Interaktion darstellen können.

2.4 Barrieren beim Lernen über die Naturwissenschaften (D)

Das Lernen über die Naturwissenschaften hat im Kontext der Inklusion eine besondere Stellung. Um an gesellschaftlich relevanten Diskursen und politischen Entscheidungen partizipieren zu können, müssen Lernende verstehen, wie naturwissenschaftliches Wissen erlangt und kommuniziert wird (Höttecke & Allchin, 2020). Potentiell unterschiedliche Positionen von verschiedenen Interessengruppen müssen kritisch hinterfragt und bewertet werden. Barrieren können dabei unangemessene Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften darstellen. Dazu zählen unter anderem die Vorstellungen, dass Naturwissenschaftler(!) allein arbeiteten und besonders objektiv seien anstatt Teil einer sozialen und kulturellen Entwicklung zu sein (Priemer, 2006).

Tab. 1: Systematisierung typischer Barrieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. Manche Aspekte haben in mehreren Spalten Gültigkeit, wurden aber nach Schwerpunkten zugeordnet.

Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts (Hodson, 2014; Stikni-Rösner et al., 2020)				
A. Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten	B. Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte	C. Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung	D. Lernen über die Naturwissenschaften	
Gebender Erfahrungsräum	Gegebene Lerngegenstände des Faches	Ausstattung des Fachraums und Labormaterialien, z.B. festverschraubte Tische, Gläsergeräte, gegebene Denk- und Arbeitsweisen	Stereotype Darstellung von Naturwissenschaftler*innen und der Natur der Naturwissenschaften in Unterrichtsmaterialien und Medien	
Umwelt	Naturwissenschaftliche (Fach-)Sprache und Modelle, Formen wie fragend- entwickelnder Unterricht mit Kommunikationsregeln und Hierarchien	Naturwissenschaftliche (Fach)begriffe, Modelle und fachbezogener Informationsaustausch (auch in Form von Mathematisierungen, Symbol- und Formelsprache)	Formulieren von naturwiss. Fragestellungen und Hypothesen, Recherchieren und Lesen von Fachtexten, Lesen von Graphiken und Tabellen, Umgang mit Daten und Messwerten, fachgerechtes Protokollieren, fachlich korrekt Argumentieren, im Team arbeiten	
Selbst	Funktions- systeme & Kommunikation & Interaktion	Benotung, Zeit, Kompetenzen der Lehrperson, Verhaften an traditionellem Lehrplanverständnis etc.	Begrenzte Ausstattung des Fachraumes (z.B. begrenzte Anzahl an Materialien aufgrund von Kosten)	Keine explizite Adressierung von der Natur der Naturwissenschaften, ggf. fehlende Legitimation durch Curricula
	Affektive Barrieren wie fehlende Motivation, Interesse etc. bezogen auf Unterrichtsfach oder Kontext	Individuelle Vorstellungen aus Alltagserfahrungen, kognitive Barrieren	Physische Barrieren (z.B. Einschränkungen der Sinneswahrnehmungen, Motorik etc.)	Schüler*innenvorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften, kulturelle, soziale Erfahrungen im Widerspruch zum hiesigen Bild von Naturwiss.

Verortung der Barrieren (Krohngig, 2015)

3. „Diklusiver“ naturwissenschaftlicher Unterricht

„Diklusion“ beschreibt den Einsatz digitaler Medien im inklusiven Unterricht mit dem Ziel, die Partizipation aller Lernenden am Fachunterricht durch digitale Medien zu ermöglichen (Schulz & Beckermann, 2020). Digitale Medien übernehmen hierbei in gewissem Sinne die Rolle des Mittlers zwischen dem häufig barrierereichen naturwissenschaftlichen Unterricht und den Ansprüchen der inklusiven Pädagogik: Speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelte Medien orientieren sich an typischen Inhalten sowie Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und bieten gleichzeitig alternative Zugänge zum Lerngegenstand an.

Unter dem Oberbegriff ‚digitale Medien‘ werden in diesem Kontext elektronische Medien verstanden, durch deren Einsatz ein Mehrwert im Vergleich zum klassischen Medium im Lernprozess erzielt werden kann (Puentedura, 2006). Beispielsweise stellt das Lesen eines Textes auf einem digitalen Endgerät einen reinen Ersatz für z. B. das Schulbuch dar ohne jegliche Verbesserung. Die Nutzung von Vorlese- oder Übersetzungsfunktionen führt zu einer funktionalen Optimierung. Neue, kollaborative Arbeitsformen können z. B. mit Hilfe von Annotationstools gestaltet werden, mit denen die Lernenden zeit- und ortsunabhängig mit dem Text arbeiten und ihre Gedanken dazu untereinander austauschen können.

Neben allgemeinen Lehr- und Lernmedien wurden insbesondere im Bereich der Naturwissenschaften fachspezifische Angebote entwickelt, die deren besondere Denk- und Arbeitsweisen unterstützen sollen. Dazu zählen unter anderem Messwerterfassungssysteme, Datenauswertungs- und Darstellungssoftware, Simulationen und Modellierungssoftware sowie ferngesteuerte und virtuelle Experimentierumgebungen. Gleichzeitig existieren viele digitale Werkzeuge, um Informationen zu recherchieren (z. B. E-Books, Erklärvideos, Suchmaschinen, Datenbanken, Wikis), Fachinhalte zu lernen, zu üben und zu wiederholen (z. B. Quizz-Tools), zu kommunizieren und zu kooperieren (z. B. online Foren, Annotation Tools, kollaboratives Schreiben, Konferenztools) oder Inhalte darzustellen und zu präsentieren (z. B. Grafik-, Videosoftware, Virtual und Augmented Reality).

Im Folgenden werden entlang der naturwissenschaftlichen Unterrichtsziele (A-D) Beispiele aufgezeigt, wie Barrieren im naturwissenschaftlichen Unterricht abgebaut und Partizipation durch digitale Medien ermöglicht werden kann.

3.1 Partizipation durch digitale Medien bei der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten (A)

Die Darstellung eines naturwissenschaftlichen Kontextes, der für Lernende anregend und relevant ist, kann auf vielfältige Weise durch digitale Medien ermöglicht werden. Anregende Alltagsphänomene können in Bildern, Audioaufnahmen oder Videos von den Lernenden festgehalten, geteilt und im Unterricht als Ausgangspunkt für naturwissenschaftliche Untersuchungen genutzt werden. Beispielsweise können Lernende zwischen vielfältigen digitalen Recherche-, Kommunikations-, Kollaborations- und Präsentationsmöglichkeiten wählen, entsprechend ihrer eigenen Fähigkeiten. Daneben bieten Beiträge in sozialen Medien, die die Lernenden auch außerhalb des Unterrichtes nutzen, vielfältige Ressourcen, die häufig einen besonders motivierenden Charakter für die Lernenden aufweisen (Ferreira González, Fühner, Sührig, Weck, Weirauch & Abels, 2021, in diesem Beiheft).

Auch aktuelle Kontexte, die weder in der direkten Erfahrungswelt einer Lerngruppe liegen noch in klassischen Unterrichtsmaterialien wie Schulbüchern thematisiert werden, jedoch von den Lernenden als relevant empfunden werden, können über online Ressourcen zugänglich gemacht werden. So können z. B. Satellitenaufnahmen, die in der Nähe von Korsika entdecken Plastikinsel (Gerigny et al., 2019), eine Ansammlung von Plastikmüll aufgrund von unsachgemäß entsorgten Abfällen und Meeresströmungen, zu einer Auseinandersetzung mit Mikroplastik und dessen Einfluss auf Ökosysteme sowie mit der Strömungslehre genutzt werden.

Digitale Medien selbst und ihre Funktionsweise stellen für viele Lernende ebenfalls anregende Kontexte dar. Beispielsweise kann die Frage nach der Funktionsweise eines Touchscreens zu einer intensiven Auseinandersetzung mit Kondensatoren führen (Schumann & Pusch, 2018).

Anhand digitaler Medien können Lehrende und Lernende Kontexte in den naturwissenschaftlichen Unterricht einbringen, die die Interessen und Vorerfahrungen der Lernenden aufgreifen und so zu einer vertieften Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Inhalten anregen. Studien belegen, dass Lernende durch kontextorientierten Unterricht positivere Einstellungen gegenüber den Naturwissenschaften, bei einem gleichem Lerneffekt wie in inhaltlich orientierten Unterrichtsansätzen, entwickeln (z. B. Bennet, Lubben, & Hograth, 2006).

3.2 Partizipation durch digitale Medien beim Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte (B)

Digitale Lernumgebungen ermöglichen im Gegensatz zu klassischen Unterrichtsmedien, wie Schulbüchern, multimodale Zugänge zu naturwissenschaftlichen Inhalten, die passend zur Lerngruppe ausgewählt und adaptiert werden können. So können Barrieren für Lernende mit Einschränkungen im Sehen oder Hören, Lese-/Rechtschreibschwäche oder eingeschränktem Wortschatz durch neue Zugänge abgebaut werden (Ulrich, 2017). Die barrierefreie Gestaltung digitaler Unterrichtsmaterialien, z. B. im Sinne des Universal Design for Learning (Hall, Mayer & Rose, 2012), sowie multimodale Präsentations- und Bearbeitungsformen ermöglichen Partizipation für alle Lernenden. Binnendifferenzierungsangebote und Unterstützungsangebote können zusätzlich z. B. in Form von digitalen Hilfestellungen mit Augmented Reality angeboten werden. Hierbei zeigen sich positive Effekte auf die Motivation, Selbstwirksamkeitserwartung und der Leistung der Lernenden (Huwer, Lauer, Dörrenbächer-Ulrich & Thyssen, 2019). Insbesondere der für viele Lernende schwierige Erwerb und Umgang mit der Fachsprache kann durch digitale Medien unterstützt werden (Ulrich, 2017), z. B. durch integrierte Vorlese- oder Übersetzungsfunktionen in E-Books. Beispiele für bereits im naturwissenschaftlichen Unterricht erprobte digitale Unterrichtsmaterialien sind unter anderem das BioBook NRW (Meier, Aßent & Schaub, 2017), das iBook zum Thema optische Instrumente (Wollny, 2015) und die digitale Lernumgebung zu chemischen Reaktionen (Baumann & Melle, 2019) sowie das eChemBook, ein digitales Schulbuch mit interaktiven Lernaufgaben zur Einführung des Teilchenkonzepts und dem Dalton'schen Atommodell (Ulrich & Schanze, 2015). Begleitstudien haben mehrere positive Effekte aufgezeigt: eine positive Einstellung der Lernenden gegenüber den digitalen Unterrichtsmaterialien selbst (Meier et al., 2017), eine hohe Motivation bei der Arbeit mit den Materialien (Meier et al., 2017; Wollny, 2015), die Annahme der multimodalen Angebote sowie signifikante Fachwissenszuwächse (Baumann & Melle, 2019).

Auch die problematische Arbeit auf der Modell- bzw. submikroskopischen Ebene (Sach & Heinicke, 2019) kann durch digitale Medien wie Bilder, Videos, Simulationen, Virtual oder Augmented Reality um neue Zugänge ergänzt werden. Die Kombination unterschiedlich komplexer Visualisierungen erleichtert dabei die Verbindung und den Übergang zwischen Realität und submikroskopischer bzw. abstrakter Modellebene (Stinken-Rösner, 2019). Erste Studien haben gezeigt, dass insbesondere männliche Lernende von der Arbeit mit AR-Repräsentationen profitieren können (Habig, 2020). Ein Beispiel ist die gezielte Erweiterung von Realversuchen

durch zusätzliche Informationen wie Darstellungen der Modellebene mit Augmented Reality (Stinken-Rösner, 2019).

3.3 Partizipation durch digitale Medien beim Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (C)

Im Bereich der Erkenntnisgewinnung existiert ein breites Angebot an speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelten digitalen Medien. Neben Hardware zur Messwerterfassung gibt es eine Vielzahl an Software zur Datenauswertung, Darstellung, Modellierung und Simulation.

Die Bedienung und Erfassung von Messwerten über interne und externe Sensoren mit dem Smartphone, Tablet oder PC ist für viele Lernende intuitiver als der Umgang mit unbekannten Laborgeräten. In und außerhalb des Physikunterrichts können Lernende ein breites Spektrum an Experimenten mit in Smartphones integrierten Sensoren selbstständig planen und durchführen (Staacks, Hütz, Heinke & Stampfer, 2018), ohne von der Ausstattung der Physiksammlung abhängig zu sein. Im Biologieunterricht kann der Einsatz von Smartphonelupen Lernende bei der eigenständigen Erkundung von Organismen oder verschiedene Materialien unterstützen (Laumann & Hergemöller, 2017). Beobachtungen können von mehreren Lernenden gleichzeitig vorgenommen, als BildschirmOTOS oder Videos geteilt und als Grundlage zum gemeinsamen Lernen genutzt werden. Verschiedene Beispiele für den Einsatz von Messsensoren im Biologie-, Chemie- und Physikunterricht finden sich z. B. in Lampe, Liebner, Urban-Woldron & Tewes (2015). Durch den Einsatz von digitalen Medien können unterschiedliche Barrieren des Experiments minimiert werden: Die intuitive Bedienung der Sensoren vereinfacht die Messwerterfassung, die simultane Darstellung von Messwerten und der Wechsel zwischen verschiedenen Darstellungsformen vereinfacht den Umgang mit Daten, integrierte Regressionsfunktionen und Modelle ermöglichen die Überprüfung von vermuteten Zusammenhängen zwischen Messgrößen unabhängig von den individuellen mathematischen Fähigkeiten (Lampe et al., 2015).

Neben Realexperimenten ermöglichen Simulationen, virtuelle und ferngesteuerte Experimente Lernenden eine Auseinandersetzung mit Phänomenen, die aus verschiedenen Gründen normalerweise nicht im Fachraum dargestellt werden können (Stinken-Rösner & Abels, 2020a). Insbesondere im Chemieunterricht bieten Simulationen ein großes Potential für die Arbeit auf submikroskopischer Ebene mit allen Lernenden (Pietzner, 2014). So können Moleküle unterschiedlich dargestellt und chemische Reaktionen auf submikroskopischer Ebene nachvollzogen werden. Beispiele für den Einsatz von Simulationen sind unter anderem die Untersuchung der Eigenschaften

idealer Gase (Stinken-Rösner & Abels, 2020b) oder die Funktionsweise des menschlichen Auges (Stinken-Rösner & Abels, 2020a).

3.4 Partizipation durch digitale Medien beim Lernen über die Naturwissenschaften (D)

Das Lernen über die Naturwissenschaften ist in der heutigen Zeit stark durch digitale Medien geprägt. Digitale Medien werden zur Verbreitung (mehr oder weniger) wissenschaftlicher Informationen genutzt und vermitteln gleichzeitig (stereotypische) Vorstellungen über Naturwissenschaftler*innen sowie deren Arbeitsweisen. Auch das von Naturwissenschaftler*innen selbst generierte „Science Media“ Angebot, in dem die Vielfalt der Beteiligten und ihrer Forschung sichtbar wird, hat in den letzten Jahren zugenommen.

Digitale Medien können ebenfalls dazu beitragen, ein angemessenes Verständnis für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu erwerben. Digitalisierte Archive ermöglichen einen orts- und zeitunabhängigen Zugang zu Originalarbeiten aus den letzten Jahrhunderten, aus denen ersichtlich wird, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig ist und sich im Laufe der Zeit verändern kann. Unterschiedliche Interpretationen empirischer Beobachtungen aufgrund subjektiver Ansichten und Aushandlungsprozesse zwischen Wissenschaft, Gesellschaft, Wirtschaft und Politik sind nicht nur in historischen Quellen zu finden, sondern auch in den aktuellen Medien allgegenwärtig. Ein historisches Beispiel ist der vermeintliche Fund der Überreste eines Einhorns im 16. Jahrhundert, wobei es sich nach aktuellen Erkenntnissen um die falsch angeordneten Überreste eines Mammuts handelt (Nielbock, 2004). Aktuelle Beispiele sind die Diskussionen zum Einfluss des Menschen auf den Klimawandel und die Flat-Earth Theorie. Durch digitale Medien können Lernende vielfältige Einblicke in die Natur der Naturwissenschaften, typische Denk- und Arbeitsweisen sowie die Bedeutung subjektiver und gesellschaftlicher Positionen bei der Interpretation und Aushandlung von naturwissenschaftlichem Wissen erlangen. Einen bereits erprobten Rahmen für das Lernen über die Naturwissenschaften mit digitalen Medien stellen WebQuests dar (Silva, 2006).

3.5 Barrieren durch digitale Medien

Der Einsatz digitaler Medien in der naturwissenschaftlichen Bildung kann unterschiedliche Barrieren und Herausforderungen an die Lernenden stellen. Als „digital divide“ (digitale Kluft) wird die Chancengerechtigkeit bezüglich des Zugangs verschiedener Gruppen zu digitalen Medien und deren Nutzung bezeichnet (van Dijk, 2017). Hierzu zählen neben dem Zu-

gang zu Endgeräten, Software und Internet (physical access) auch digitale Kompetenzen (skill access), verschiedene Nutzungsformen (second-level divide) und daraus resultierende Vorteile (usage access) (van Dijk, 2017).

Je nach sozialem und familiärem Hintergrund können die im häuslichen Umfeld verfügbaren technischen Ressourcen und deren Nutzung stark variieren. Eine Nutzung privater Geräte im Unterricht kann die Partizipationsmöglichkeiten einzelner Lernender einschränken oder sogar zu sozialer Exklusion führen. Ebenfalls ist die Verteilung technischer Ressourcen innerhalb der Schülerschaft einer Schule nicht immer gleichberechtigt (z. B. schlechtes WLAN in einigen Räumen).

Neben dem Zugang zu digitalen Medien selbst benötigen die Lernenden grundlegende Kompetenzen im Umgang mit Hard- und Software und den gängigsten Bedienelementen, um digitale Medien zu nutzen (Stinken-Rösner & Abels, 2020a). Nicht alle Lernenden sind ‚digital natives‘ und bringen diese Fähigkeiten mit. Insbesondere das Alter und der Bildungsgrad haben einen Einfluss auf die digitalen Kompetenzen und die Art der Nutzung, wohingegen geschlechterspezifische Unterschiede vernachlässigbar sind, auch wenn Mädchen eine geringere Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen (Hargittai, 2002). Analog dazu sprechen digitale Medien noch stets ein vermehrt männliches Selbstbild an. Eine authentische Repräsentation des geschlechtlichen und kulturellen Hintergrundes aller Lernender ist nötig, um ein höheres Engagement zu erzielen (Brown & Edouard, 2017).

Herausforderungen bei der Nutzung digitaler Medien liegen beispielsweise in der gleichzeitigen Darstellung vieler Informationen oder der optischen Ähnlichkeit zu Computerspielen, was zu einer kognitiven Überforderung oder ungezielten Spielereien führen kann anstatt zu einem zielgeleiteten Vorgehen (Stinken-Rösner & Abels, 2020a). Vor allem Jugendliche aus bildungsfernen oder sozial benachteiligten Familien weisen eine eher unterhaltungsorientierte Nutzung digitaler Medien auf (Albert, Hurrelmann, & Quenzel, 2010) und greifen vermehrt auf klischeebehaftete Inhalte zu, ohne diese kritisch zu hinterfragen (Wagner, 2010). Lernende müssen lernen, wichtige von unwichtigen Informationen zu unterscheiden und die Vertrauenswürdigkeit der dargebotenen Informationen zu beurteilen (Höttinge & Allchin, 2020).

4. Fazit und Ausblick

Gezielt eingesetzt können digitale Medien gewinnbringende Ergänzungen zu traditionellen Unterrichtsformen darstellen, durch die naturwissenschaftstypische Barrieren im Unterricht abgebaut werden können. Anregende und relevante Kontexte unter Einsatz digitaler Medien haben das

Potential, Lernende dazu zu animieren, diese neuen Teilhabemöglichkeiten wahrzunehmen und am naturwissenschaftlichen Unterricht zu partizipieren.

Digitale Medien sollten jedoch keinesfalls zum Selbstzweck eingesetzt werden, sondern nur, wenn ein tatsächlicher Mehrwert erzielt werden kann. Dazu zählt der Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy) sowie digitaler Kompetenzen (digital literacy). Dabei muss die Wahl des digitalen Mediums sowohl auf das naturwissenschaftliche Unterrichtsziel (A-D) abgestimmt sein als auch unter Berücksichtigung der potentiellen Barrieren durch das digitale Medium selbst getroffen werden. Aktuelle Studien zum Einsatz digitaler Medien im (inklusiven) naturwissenschaftlichen Unterricht liefern vielversprechende Ergebnisse, wie z. B. eine stärkere Aktivierung der Lernenden (z. B. in Form von gesteigertem Interesse oder Motivation) durch multimediale Angebote, als auch eine signifikante Zunahme des Fachwissens (vgl. 3.1-4). Zukünftige Aufgaben der Naturwissenschaftsdidaktiken sind die Entwicklung von best-practice Beispielen für den Einsatz digitaler Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht, die Gestaltung angemessener Lehrkräfteaus- und -fortbildungsangebote sowie die empirische Evaluation dieser Maßnahmen unter besonderer Berücksichtigung individueller Lernender.

Literatur

- Ainscow, M. (2007). Taking an inclusive turn. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 7(1), 3–7.
- Albert, M., Hurrelmann, K., & Quenzel, G. (2010). *Jugend 2010. 16. Shell Jugendstudie*. Hamburg: Deutsche Shell Holding.
- Baumann, T. & Melle, I. (2019). Evaluation multimedialer Lernumgebungen im inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 117–120). Regensburg: Universität Regensburg.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Sci. Ed.*, 91, 347–370.
- Booth, T. & Ainscow, M. (2016). *The index for inclusion: A guide to school development led by inclusive values* (Fourth edition). Index for Inclusion Network.
- Brown, B. A. & Edouard, K. (2017). Looks Like Me, Sounds Like Me! Race, Culture, and Language in the Creation of Digital Media. *Equity & Excellence in Education*, 50(4), 400–420.
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F. & Mocerino, M. (2008). An Evaluation of a Teaching Intervention to Promote Students' Ability to Use Multiple Levels of Representation When Describing and Explaining Chemical Reactions. *Research in Science Education*, 38, 237–248.
- Gerigny, O., Brun, M., Fabri, M. C., Tomasino, C., Le Moigne, M., Jadaud, A. & Galgani, F. (2019). Seafloor litter from the continental shelf and canyons in French Mediterranean Water: Distribution, typologies and trends. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 653–666.

- Habig, S.(2020). Who can benefit from augmented reality in chemistry? Sex differences in solving stereochemistry problems using augmented reality. *British Journal of Educational Technology*,51(3), 629–644.
- Hall, T. E., Meyer, A. & Rose, D. H. (Hrsg.). (2012). *Universal Design for Learning in the Classroom: Practical Applications*. New York: Guilford Press.
- Hargittai, E. (2002). Second-Level Digital Divide: Differences in People's Online Skills. *First Monday*, 7(4).
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Höft, L., Bernholt, S., Blankenburg, J. S. & Winberg, M. (2019). Knowing more about things you care less about: Cross-sectional analysis of the opposing trend and interplay between conceptual understanding and interest in secondary school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(2), 184–210.
- Hötteleke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666.
- Huwer, J., Lauer, L., Dörrenbächer-Ulrich, L., Thyssen, C. & Perels, F. (2019). Chemie neu erleben mit Augmented Reality. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 5, 420–427.
- Krönig, F. K. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität. Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. In I. Schell (Hrsg.), *Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis* (S. 40–50). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf [15.07.2020].
- Lampe, U., Liebner, F., Urban-Woldron, H. & Tewes, M. (2015). *MNU Themenreihe Bildungsstandards. Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen. Experimente mit Messwert erfassung in den Fächern Biologie, Chemie, Physik*. Neuss: Klaus Seeberger.
- Laumann, D. & Hergemöller, T. (2017). In der Natur lernen – Experimente zur Untersuchung bionischer Phänomene mit dem Smartphone. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 28(159/160), 49–55.
- Lee, O. & Fradd, S. H. (1998). Science for All, Including Students From Non-English-Language Backgrounds. *Educational Researcher*, 27(4), 12–21.
- Markic, S. & Childs, P. E. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 434–438.
- Mastropieri, M. A. & Scruggs, T. E. (2014). *The inclusive classroom: Strategies for effective differentiated instruction* (Fifth edition). Boston: Pearson.
- Meier, M., Aßent, R. & Schaub, D. (2017). BioBook NRW – Ein Prototyp eines digitalen Schulbuchs. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 95–104). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Nielbock, R. (2004). Wie das Einhorn „erfunden“ wurde. *Unser Harz*, 52(2), 23–24.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.

- Price, J. F., Johnson, M. & Barnett, M. (2012). Universal Design for Learning in the Science Classroom. In T. E. Hall, A. Meyer & D. H. Rose (Hrsg.), *Universal Design for Learning in the Classroom: Practical Applications. What Works for Special-Needs Learners Series* (S. 55–70). New York: Guilford Press.
- Puentedura, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. <http://www.hippasus.com/resources/tte/> [05.11.2020].
- Sach, M., & Heinicke, S. (2019). Herausforderung Inklusion im Physikunterricht. Einblicke in Visionen und Realitäten. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 30(170), 2–8.
- Schulz, L., & Beckermann, T., (2020). Inklusive Medienbildung in der Schule. Neun Aspekte eines guten inklusiven Unterrichts. *Computer + Unterricht*, 117, 4–8.
- Schumann, D., & Pusch, A. (2018). Ein Touchscreen Marke Eigenbau. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 29(167), 20–22.
- Silva, R. (2006). *As WebQuests e a promoção da imagem do cientista: Um estudo com alunos do 9º ano de escolaridade*. University of Minho.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: Phyphox. *Physics Education*, 53(4), 045009.
- Stinken-Rösner, L. (2019). Vom Luftballon zum Van-de-Graaff-Generator. Experimente zur Elektrostatik mit Augmented-Reality-Erweiterungen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 30(171/172), 25–29.
- Stinken-Rösner, L., & Abels, S. (2020a). „Digital GeSEHEN“ Partizipatives Experimentieren im Optikunterricht mithilfe von Simulationen. *Computer + Unterricht*, 117, 19–22.
- Stinken-Rösner, L., & Abels, S. (2020b). Gase auf submikroskopischer Ebene untersuchen. Einbinden von Simulationen in den Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 31(177/178), 47–51.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 2020(3), 30–45.
- Ulrich, N. (2017). E-Books – Potenziale für den Umgang mit Diversität. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 81–80). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Ulrich, N., & Schanze, S. (2015). Das eChemBook. Einblicke in ein digitales Chemiebuch. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 26(145), 44–47.
- Van Dijk, J. A. G. M. (2017). Digital Divide: Impact of Access. In *The International Encyclopedia of Media Effects* (S. 1–11). American Cancer Society.
- Wandersee, J., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association* (S. 177–210). New York: Macmillan.
- Wagner, U. (2010). Das Medienhandeln der Jugendgeneration – Potentiale zur Verstärkung oder zum Aufbrechen von Ungleichheit. In H. Theunert (Hrg.), *Medien. Bildung. Soziale Ungleichheit. Differenzen und Ressourcen im Mediengebrauch Jugendlicher* (S. 81–96). München: kopäd-Verlag.