

MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren

Lernen für die Gestaltung einer
zukunftsfähigen Gesellschaft



Abwasserreinigung Aus der Forschung zur Schülerpraxis: Arbeiten mit dem Modell

eines Schachtwasserkraftwerks **Aus die Maus – SOKO-Fledermaus** ermittelt Artenvielfalt erkennen – **Barcoding von Orchideen** Berufsfindungspraktikum Jülich bewegt

Bodendegradation Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten

Chemiebezogene Umweltschutzberufe Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit – Schülerlaborangebote für alle **Das Rätsel um die Wanderung der Wasserflöhe**

EDEN for Kids Energiewende erforschen **Energiewende in Schülerhände**

Erneuerbare Energien Expeditionslernen an der Ostseeküste Experimentiertag

Biotechnologie Experimentiertag Brennstoffzelle Experimentiertag Boden

Farbstoffsolarzelle **Forscherwoche Energie** Freilandlabor mit Experimentierfeld

GirlsGo4Green Heiß und kalt – Geysire **iNature** Ist das noch Wetter oder schon Klima?! **Lärm** Medikamentenrückstände im Wasser **Molekulare**

Bindekräfte in Verpackungen Müll macht's Nachhaltige Mehrpraxis

mit Ionischen Flüssigkeiten **Nachhaltigkeit** Planspiel **Leid**

Klima!? Regionalen Klimawandel beurteilen lernen – **ReKli:B** Schülerinn

Seltene Erden Sieben-Labore-Tour **Smart Grid** und Klimawand

Solaris-Cup Superkondensatoren – **Goldcap** Treibhauseffekt

Virtuelles Kraftwerk **Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung**

Weichmacherwanderung in Kunststoffen Windrad-Dynamo Zukunft **Kunststoffe**

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

MINT.nhb



Inhalt

- 7** Grußwort Prof. Dr. Werner Wahnhoff
- 9** Vorwort Prof. Dr. Petra Skiebe-Corrette
- 10** Überblick über die Schülerlabor-Szene im MINT.ub-Bereich
- 18** Handlungsempfehlungen für MINT.nb-Schülerlabore
- 26** 26 Best Practice-Beispiele
- 130** Nachhaltigkeitsbildung im Anthropozän – Herausforderungen und Anregungen
- 142** Die Zukunft nachhaltig gestalten helfen – der Beitrag von Schülerlaboren
- 150** Von der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung
- 162** Plädoyer für eine Nachhaltigkeitsbildung – die besondere Rolle von Schülerlaboren
- 180** Die Rolle der MINT-Umweltbildung im Kontext großer gesellschaftlicher Veränderungen
- 184** Konzepterstellung für eine Lehrerfortbildung zum Thema Wasser
- 188** Zusammenfassungen der Workshops zur MINT.ub und MINT.nb
- 196** Übersicht der Best Practice-Beispiele in MINT.nb Schülerlaboren
- 204** Kontakte
- 205** Impressum

Grüßwort

Die Schülerlabore des Netzwerks MINT-Nachhaltigkeitsbildung gehören heute zu den Vorreitern der außerschulischen Nachhaltigkeitsbildung in Deutschland, um Kinder und Jugendliche für die Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft fit zu machen. Durch enge Kooperationen mit Schulen sowie durch die systematische Lehrkräfteaus- und -fortbildung sind sie Multiplikatoren, um Nachhaltigkeitsbildung in die Schulen und in den Alltag der Schülerinnen und Schüler zu bringen. Dabei steht ein nachhaltiges Alltagshandeln in der Freizeit ebenso im Vordergrund der Bildungsangebote wie Fragen, die mit späteren beruflichen Tätigkeitsfeldern

zu tun haben. Denn die Optimierung der Naturwissenschaftlichen Bildung, Berufsorientierung und die Anschlussfähigkeit von Schule und Studium sind zentrale gesellschaftliche Aufgaben von Schülerlaboren.

Wie intensiv die Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung heutzutage mit naturwissenschaftlichen und technischen Kenntnissen verknüpft sind, zeigen große gesellschaftliche Transformationen wie die Energiewende, die Elektrifizierung der Mobilität oder die Umstellung der Industrie auf nachhaltige Wirtschaftsweisen. Deutlich wird dies hinsichtlich einer konsequenten Kreislaufwirtschaft ebenso wie bei der Einführung chemischer Prozesse, die sich an Nachhaltigkeitskriterien orientieren. Bei letzteren geht es beispielsweise darum, umweltbelastende Stoffe durch weniger belastende zu ersetzen, problematische Produkte und Produkteigenschaften zu vermeiden oder die Stoffökonomie von Reaktionen zu verbessern.

Weitere Jahrzehnte währende gesellschaftlich getragene Veränderungsprozesse sind erforderlich, wenn es beispielsweise um die Umsetzung der weltweiten Nachhaltigkeitsziele – also der Agenda 2030 – geht. Ziele wie die Eindämmung des Klimawandels, die Verringerung von Armut, der Stopp von Hunger und Mangelernährung, die Verbesserung der Gesundheit, der Schutz des Lebens auf dem Land und unter Wasser erfordern globale Umsteuerungen von Energie- und Stoffströmen ebenso wie nachhaltige regionale Entwicklungen. Dabei müssen die Belastbarkeitsgrenzen des Erdsystems innerhalb Planetarer Leitplanken berücksichtigt werden, um die menschlichen Lebensgrundlagen auch für zukünftige Generationen zu erhalten.

Die DBU förderte drei Jahre lang das Projekt MINT-Nachhaltigkeitsbildung von LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore. Das Projekt vernetzt die Schülerlabore untereinander, die sich mit Nachhaltigkeit befassen, das sind etwa 50 der insgesamt mehr als 350 Schülerlabore in Deutschland.

Bestandteil des DBU-Projekts war neben der Vernetzungsarbeit eine Bestandsaufnahme der Schülerlabore und eine Abfrage ihres Bildungsprogramms, um darauf basierend Handlungsempfehlungen zur Qualitätssicherung der Lernorte zu erarbeiten. Die Mitglieder des „Netzwerks MINT-Nachhaltigkeitsbildung“ tauschen sich auch in Zukunft untereinander aus, um gegenseitig von den Erfahrungen bei der Entwicklung und Anwendung von Angeboten zu MINT-Nachhaltigkeitsbildung zu profitieren und die Bildungsangebote zu verbreiten.



Prof. Dr. Werner Wahmhoff, stellv. Generalsekretär Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Vorwort

Das vorliegende Buch „MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren – Lernen für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Gesellschaft“ bildet den Abschluss eines Netzwerkprojektes des Bundesverbandes der Schülerlabore, das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wurde. Daher gilt unser Dank zunächst der Stiftung: Ihre großzügige Förderung hat es LernortLabor ermöglicht, sich mit der Nachhaltigkeitsbildung intensiv auseinanderzusetzen. Der Titel dieses Projektes lautete „Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in Schülerlaboren: Inventarisierung – Qualitätssicherung – Dissemination“.

Dass dieser Titel zu kurz greift, zeigte bereits der Auftaktworkshop 2015, bei dem sich am Thema interessierte Schülerlabore zur Vernetzung zusammenfanden. In der Netzwerkarbeit wurde im Folgenden der Begriff MINT-Umweltbildung (MINT.ub) geprägt. Die anschließende Umfrage unter den Schülerlaboren sowie die Projektarbeit zeigte, dass auch dieser Begriff die Breite der Angebote in den Schülerlaboren nicht vollständig widerspiegelt. So wurde von den Teilnehmer*innen der Abschlusskonferenz 2017 beschlossen, dass der gemeinsame Schwerpunkt dieses Netzwerkes zukünftig die „MINT-Nachhaltigkeitsbildung“ (MINT.nb) ist.

Dieser Prozess zeigt deutlich, wie engagiert die am Netzwerk beteiligten Betreibenden und Mitarbeitenden der Schülerlabore sind. Daher gilt ihnen unser ganz besonderer Dank. Ohne sie wäre dieses Buch, das insbesondere „Best Practice“-Beispiele zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung zeigt, nie möglich gewesen. Ebenso wenig wären die Ergebnisse der Projektarbeit und der Umfrage, sowie die entwickelten Module zur Lehrerfortbildung zustande gekommen. Im Laufe der Projektarbeit wurden darüber hinaus Handlungsempfehlungen entwickelt, die es Schülerlaboren erleichtern sollen, Themen der Nachhaltigkeitsbildung in ihren eigenen An-



geboten und vielleicht sogar auch in ihrer eigenen Administration zu verankern. Diese Handlungsempfehlungen finden Sie hier in diesem Buch.

Das Projekt ist abgeschlossen, nicht jedoch das Engagement des Bundesverbandes oder der einzelnen Schülerlabore. Auch künftig wird die MINT-Nachhaltigkeitsbildung ein wichtiges Anliegen eines hoffentlich immer größer werdenden Netzwerkes sein. MINT-Methoden und -Kenntnisse, kombiniert mit Aspekten der Nachhaltigkeitsbildung, bieten die Möglichkeit zur Reflexion des eigenen Verhaltens und initiieren im besten Fall eine Verhaltensänderung. Identifizieren sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Schülerlaboren mit den Nachhaltigkeitszielen und ändern nachfolgend ihr eigenes Verhalten und den Betrieb des Schülerlabors, so werden sie zu Vorbildern. Vorbilder für Kinder und Jugendliche, die unsere Zukunft gestalten werden.

Allen Leserinnen und Lesern wünsche ich eine informative Lektüre.

Prof. Dr. Petra Skiebe-Corrette
LernortLabor – Bundesverband der
Schülerlabore e.V.

Überblick über die Schülerlabor-Szene im MINT.ub-Bereich

Präsentation der Daten und Zahlen aus einer Umfrage

Olaf J. Haupt

Bereits Anfang der 1970er Jahre forderten namhafte Politiker in Zusammenhang mit der Umwelt(politik), dass auch „der Bildungsbereich seinen Beitrag zum Umweltschutz leisten müsse ...“. (ANU, Gesamtkonzept). Ein Beschluss der KMK folgt 1980. Zu dieser Zeit wurde die Umwelt (noch) im Sinne von „Natur“ betrachtet. Die Verflechtung „ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Einflüsse“ wird darin zwar schon thematisiert. Allerdings nicht in Hinblick auf die entwicklungspolitische Situation und den Einfluss einer wirtschaftlich ungerechten Verteilung.

1983 wurde die „World Commission on Environment and Development“ (WCED) gegründet. Diese Kommission veröffentlichte 1987 das als Brundtland-Bericht bekannte Dokument „Our Common Future“. Im Brundtland-Bericht wird das Ziel der nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development) definiert:

„Eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

In der Agenda 21 (Abschlussbericht der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992) wurde auch das Bildungssystem in die Verantwortung gezogen:

- Verbesserung des Umweltbewusstseins
- Veränderung des Konsumverhaltens
- Ausbau der Bildungssysteme der Entwicklungsländer

Als Erweiterung bzw. Modernisierung der klassischen Umweltbildung wird die Bildung für Nach-

haltige Entwicklung (BNE) heute gesehen. Eine zentrale Aussage bei BNE ist, dass ökologische, soziale und ökonomische Entwicklungen als Einheit betrachtet werden müssen; natürliche Ressourcen sind durch Armut genauso gefährdet, wie durch ein rücksichtsloses Streben nach wirtschaftlichem Wachstum. Der Begriff „Umwelt“ hat sich damit von der reinen Fokussierung auf die Natur weiterentwickelt.

Die Bezüge der MINT-Fächer zur klassischen Umweltbildung und BNE sind vielfältig (Peters 2014). Aus Schnittmengen dieser Bezüge hat LernortLabor zusammen mit seinen Mitgliedern im Schülerlabor-Netzwerk im Juni 2015 den Begriff MINT-Umweltbildung (*MINT.ub*) entwickelt. Dieser Begriff stellt eine natürlich Erweiterung der naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung um die Inhalte der Mathematik und Informatik dar. Die Grundzüge der MINT-Umweltbildung lassen sich wie folgt beschreiben, ohne eine weitere Differenzierung vornehmen zu müssen:

Die MINT-Umweltbildung verbindet Ziele, Inhalte und Methoden der MINT-Bildung mit Umweltbildung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung. MINT-Umweltbildung hat zum Ziel, das Wissen über umweltbezogene mathematische, informatische, naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen mit Aspekten der Nachhaltigkeit zu vermitteln. Damit fördert sie die Bewertungs- und Gestaltungskompetenzen des Einzelnen und motiviert zum Umwelthandeln.

Aussagekräftige Angaben über Angebote der Schülerlabore im Bereich MINT-Umweltbildung lagen im Jahr 2014 nicht vor. Mit Hilfe einer Umfrage

unter den Schülerlaboren im deutschsprachigen Raum hat LernortLabor eine Übersicht über Schülerlabor-Angebote im Bereich der MINT.ub ermöglicht.

An dieser Umfrage haben sich 100 Schülerlabore beteiligt. Es lag die Vermutung nahe, dass einige Schülerlaborbetreiber zwar Angebote in Bereich MINT-Umweltbildung im Programm haben, diese selber aber nicht unter diesem Aspekt sehen, da ihnen der Zusammenhang nicht bewusst war. Dementsprechend wurde die Umfrage in zwei Teile gegliedert: Der erste Teil war für Schülerlaborbetreiber konzipiert, deren Institutionen die MINT.ub bereits in Angeboten etabliert haben. Der zweite Teil der Umfrage war derart formuliert, dass mit den Antworten die oben genannten „versteckten“ Angebote identifizieren werden konnten.

Aus den verschiedenen Antworten der Umfrage konnte letztendlich ermittelt werden, dass ca. 18% der Angebote doch in den Bereich der MINT-

Umweltbildung fallen, die von den Laboren selber bisher dort nicht verortet wurden.

Im Folgenden wollen wir einen Überblick über die Schülerlabor-Szene geben, die sich im Bereich MINT.ub engagiert.

Den eigenen Angaben in der Umfrage zufolge haben 46% der Schülerlabore MINT-Umweltbildung als originärer Teil des Schülerlabor-Konzeptes implementiert (*MINT.ub-Schülerlabore*). Davon wiederum hat ein gutes Drittel der Schülerlabore die MINT.ub sogar im Leitbild des Labors verankert, die übrigen zwei Drittel behandeln sie in einigen oder sogar in allen Kursen als wichtigen Bestandteil des Angebotes (Abb. 1).

Aber die Implementierung der MINT.ub ist nicht irgendeinem Trend geschuldet, nicht einem speziellen Förderprogramm oder einer internationalen Strategie, wie sie beispielsweise die Bildung für Nachhaltige Entwicklung in den letzten mehr als zehn Jahren darstellte (BNE-Dekade oder

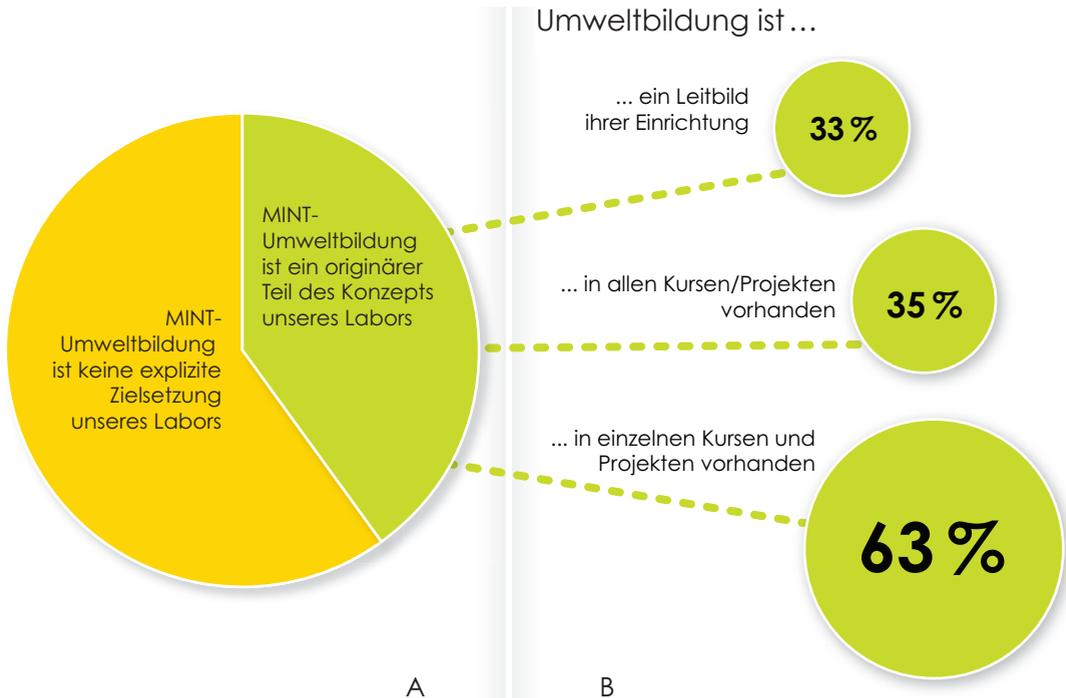


Abb. 1: $n_{[A]} = 100$ [alle teilgenommenen Schülerlabore], $n_{[B]} = 46$ [MINT.ub-Schülerlabore]

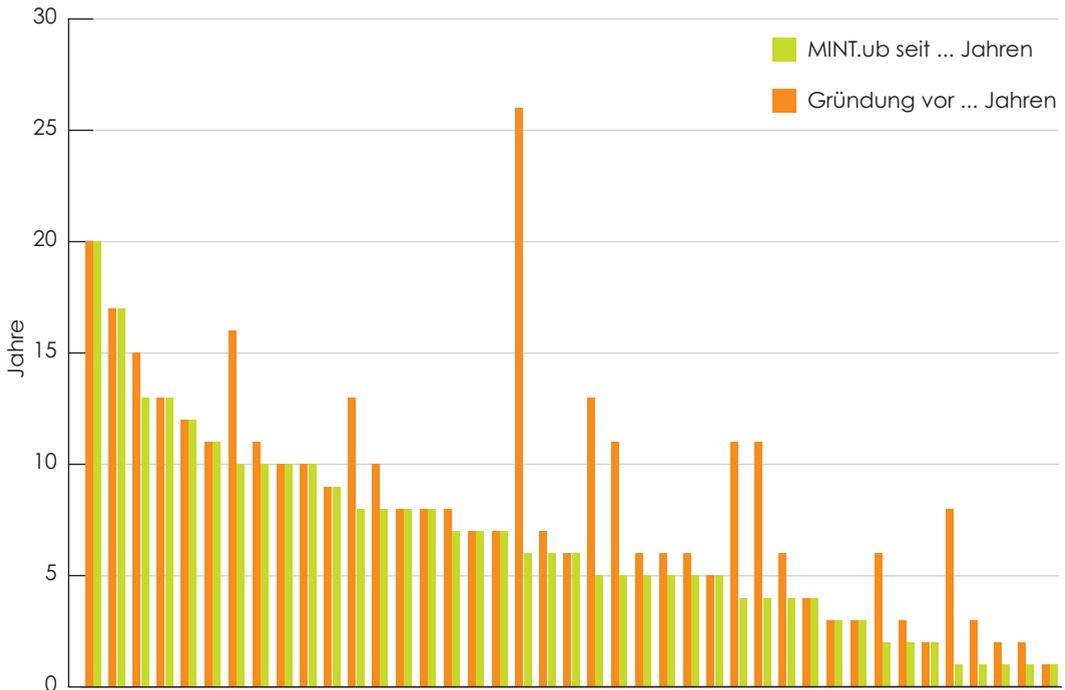


Abb. 2: Verteilung der Gründungen und Start der MINT.ub im Schülerlabor für 41 Schülerlabore. $n_{\text{grün}} = 41$ [MINT.ub-Schülerlabore], $n_{\text{orange}} = 41$ [Aus „Schülerlabor-Atlas 2015“ für dieselben Schülerlabore]

BNE-Aktionsplan). Vielmehr haben die meisten der MINT.ub-Labore diesen Schwerpunkt bereits bei der Gründung oder kurz darauf berücksichtigt. Dies zeigt die Abbildung 2, in der Daten aus dem „Schülerlabor-Atlas 2015“ zum Vergleich genutzt wurden.

MINT-Nachhaltigkeitsbildung!

Wichtige Aspekte der BNE sind in vielen Angeboten integriert. Zwar dominiert in der Umfrage die ökologische Gefährdung der Welt, was sicherlich mit der Nähe der Angebote zu den klassischen MINT-Schulfächern zusammen hängt. Aber auch ökonomische und soziale Aspekte werden aufgegriffen. Laut Aussage der Schülerlabore (Abb. 3) sind in der heutigen Ausrichtung der Schülerlabore MINT.ub-Angebote ohne größere Überschneidung mit Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) nicht mehr denkbar. Aus diesem Grund wird zukünftig nicht mehr nur von MINT.ub, sondern viel-

mehr von **MINT-Nachhaltigkeitsbildung (MINT.nb)** gesprochen werden.

Die Einführung des Begriffs **MINT.nb** ist somit auch als Ergebnis der Umfrage zu werten. Die einzelnen Fragen dieses Surveys wurden zu einer Zeit gestellt, als diese Erkenntnis noch nicht vorlag. Im Folgenden soll deshalb weiter der Fokus der Interpretation auf der MINT.ub liegen, da sonst ein verfälschtes Bild entstehen könnte. Nach Gesprächen mit Schülerlaborbetreibern zeichnet sich ab, dass der Bereich **MINT.nb** von deutlich mehr Schülerlaboren bearbeitet wird, als die reine MINT.ub. Hier sollen weitere Recherchen Aufschluss geben.

Auswertung für MINT.ub

Der Bezug der Angebote in der MINT.ub zur Schule ist generell hoch (Abb. 4). Sowohl allgemeine lehrplanunterstützende Angebote, als auch projektbezogene Kurse in den Schulen ohne direkten



Abb. 3: Relative Angaben. n = 46 [MINT.ub-Schülerlabore]

Lehrplanbezug haben eine große Bedeutung in der MINT.ub. Allerdings erlauben die Aussagen keinen differenzierten Einblick bezogen auf die unterschiedlichen Schülerlaborkategorien: Klassische Schülerlabore (SchülerLabor[®]) haben in der Regel einen sehr viel stärkeren Lehrplanbezug als beispielsweise Schülerforschungszentren (SchülerLabor[®]), in denen Themen frei von Lehrplänen in langfristigen Projekten umgesetzt werden können.

Um im Sinne von MINT.ub zu arbeiten, ist insbesondere die Einbeziehung des vorbeugenden Umweltschutzes in den angebotenen Themen von großer Bedeutung, was auch in den meisten Angeboten umgesetzt wird. Hier dominieren die Angebote mit Schwerpunkt auf Ressourcenschonung und den Einsatz regenerativer Energien (Abb. 5). Deutlich weniger Schülerlabore thematisieren in ihren Angeboten die Abfallvermeidung und die Freisetzung von Schadstoffen. Offensichtlich noch sehr viel schwerer umzusetzende, für die BNE aber wichtige Aspekte wie nachhaltige Organisation und wirtschaftliche Aspekte, spielen bei den Themen der Angebote bisher eine weniger bedeutende Rolle. LernortLabor hat unter anderem zu diesen Kernpunkten Handlungsempfehlungen entwickelt (siehe Seite 18), die die Schülerlabore bei der Umsetzung dieser Themen unterstützen sollen.

Inhaltlich spezifiziert und mit Fokus auf die großen, international diskutierten Problemstellungen der Umweltforschung, die planetaren Leitplanken, kann man feststellen, dass die Schülerlabore diese Themen zum Teil bereits gut in die Angebote integriert haben (Abb. 6). Am häufigsten wird dabei der Klimawandel bearbeitet, der auch landläufig das prominenteste Thema ist. Eine Rolle dabei spielen

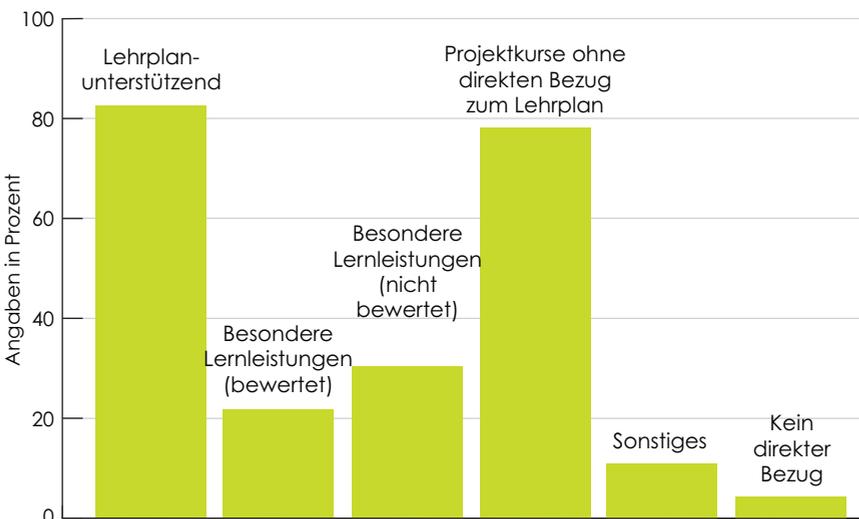


Abb. 4: Relative Angaben. Mehrfachnennungen möglich. n = 46 [MINT.ub-Schülerlabore]

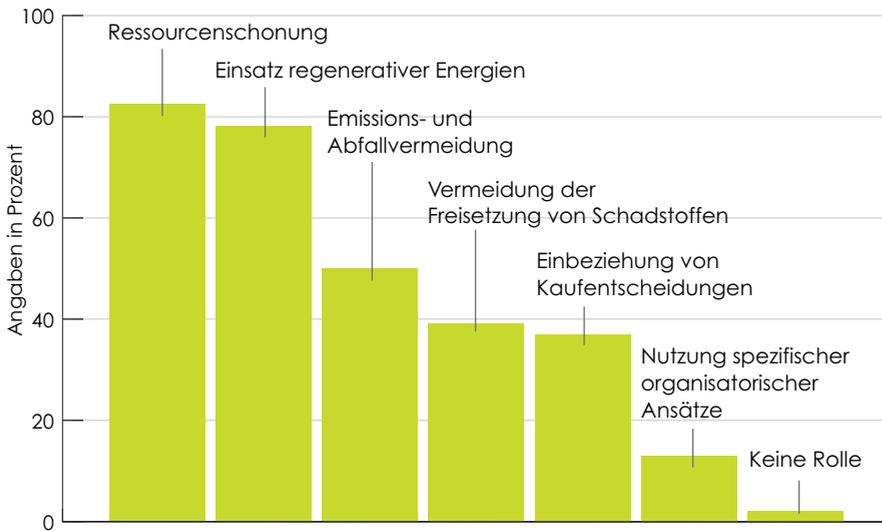


Abb. 5: Relative Angaben. Mehrfachnennungen möglich. n = 46 [MINT.ub-Schülerlabore]

evtl. auch die vielfältigen Möglichkeiten in diesem Bereich für die klassischen Schulfächer entsprechende Angebote zu entwickeln.

Auch die chemische Verschmutzung der Umwelt, der Verlust der Artenvielfalt oder die Veränderung der Landnutzung sind durchaus häufige Themen.

Nur ein geringer Anteil der MINT.ub-Schülerlabore hat diese Zukunftsthemen nicht im Fokus.

Teil 2

Wie eingangs beschrieben, richtete sich ein zweiter Teil der Umfrage sowohl an die MINT.ub-Schüler-

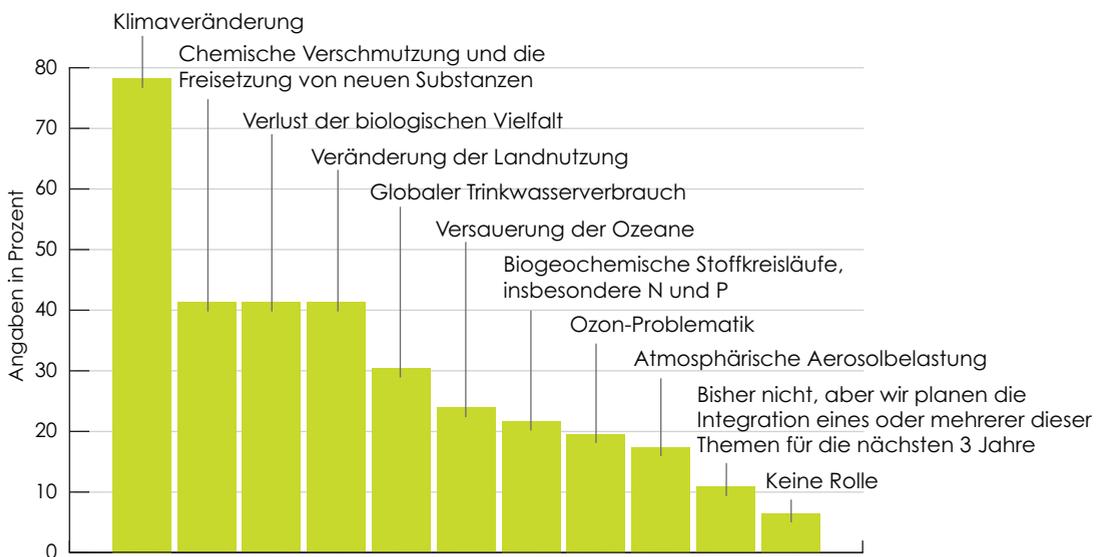


Abb. 6: Relative Angaben. Mehrfachnennungen möglich. n = 46 [MINT.ub-Schülerlabore]

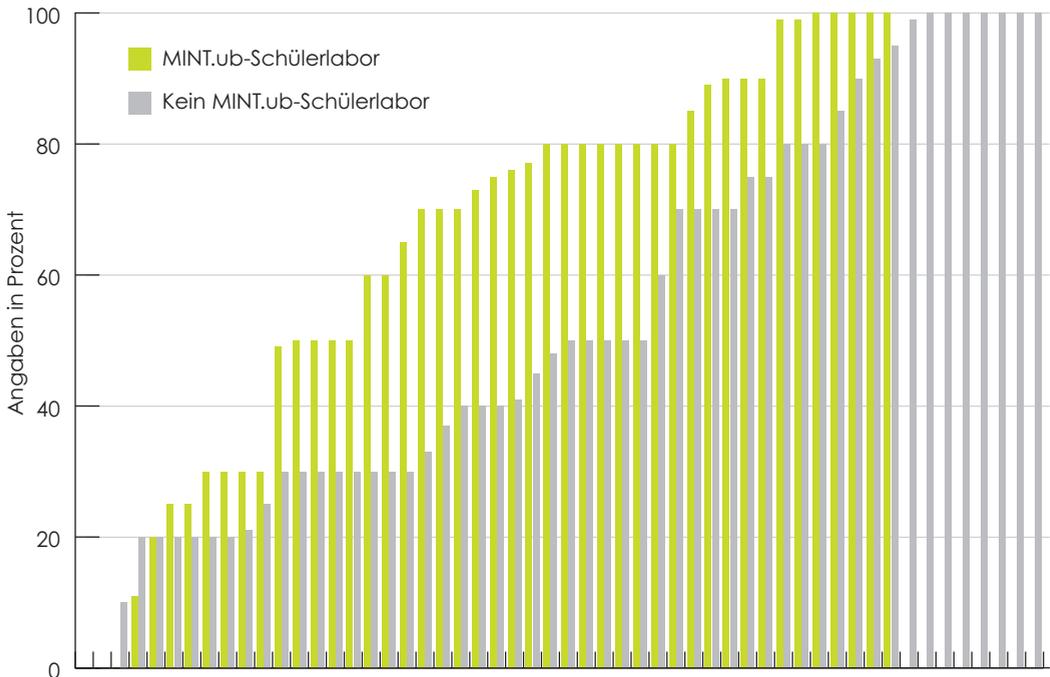


Abb. 7: Angaben zum interdisziplinären Arbeiten jeweils für die Gruppe der MINT.ub-Labore bzw. der Nicht-MINT.ub-Labore aufsteigend sortiert. $n_{\text{grün}} = 46$, $n_{\text{grau}} = 56$

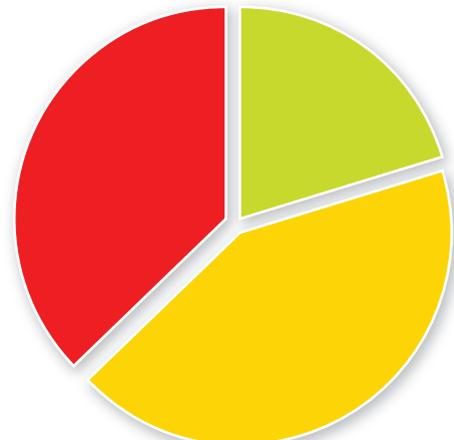
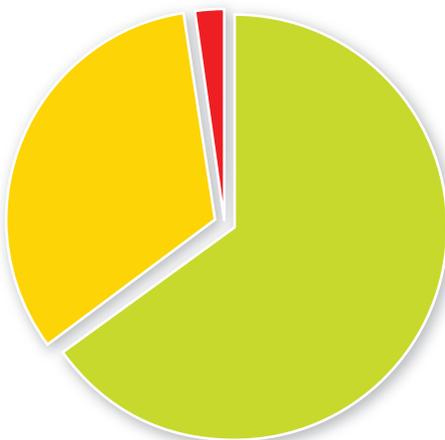
labore als auch an jene, die das Thema Umweltbildung nicht explizit im Programm verankert haben. Damit kann bei einigen Fragen eine direkte Gegen-

überstellung der beiden Gruppen erfolgen.

Interdisziplinäres Arbeiten ist besonders in Bezug auf Fragestellungen zur Nachhaltigkeit unabding-

MINT.ub-Schülerlabor

Kein MINT.ub-Schülerlabor



■ Dies ist expliziter Bestandteil des Konzeptes

■ Dies wird implizit durch die Arbeit erreicht

■ Ist nicht im Fokus des Kurses/Angebots

Abb. 8: Relative Angaben. $n_{\text{MINT.ub}} = 46$, $n_{\text{andere}} = 56$

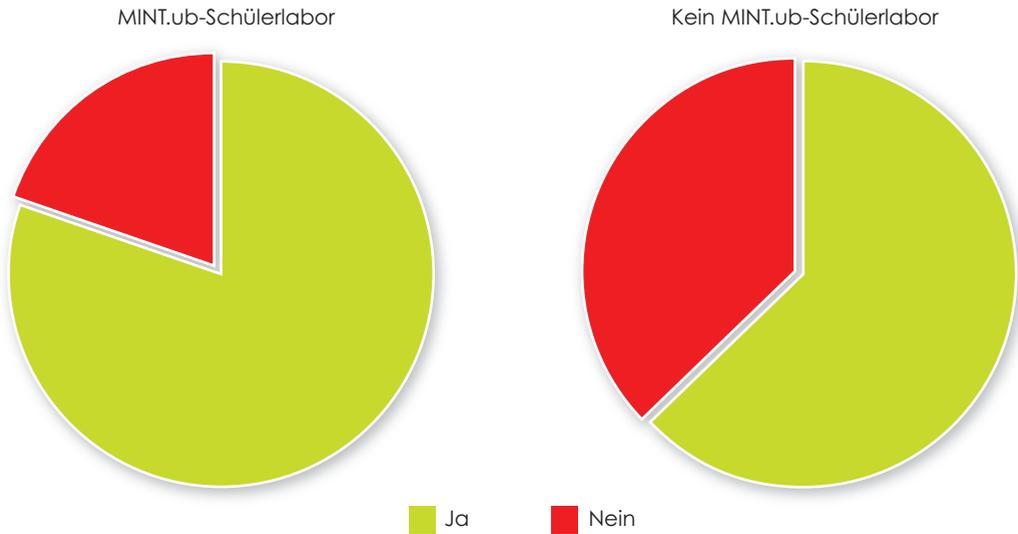


Abb. 9: Relative Angaben. $n_{[MINT.ub]} = 46$, $n_{[andere]} = 56$

bar, wie es beispielsweise die teilnehmenden Experten auf der DBU-Tagung *Umweltbildung: Bildung für Nachhaltigkeit in Zeiten großer Herausforderungen* (2016) feststellten. Nicht alle außerschulischen Lernorte können oder wollen dies heute leisten. Eine bessere Zusammenarbeit mit Fach-

wissenschaftlern an Forschungsinstituten und ein Empowerment der Lehrkräfte z.B. durch gezielte Lehrerfortbildungen kann interdisziplinäres Arbeiten weiter etablieren. In Abbildung 7 wird deutlich bestätigt, dass die MINT.ub-Labore häufiger interdisziplinäre Ansätze in Ihren Angeboten verfolgen

Bögen und Brücken Öl im Wattenmeer Klimawandel Ingenieurwissenschaften und Mathematik / Brückenkonstruktion / Robotik / Automatisierungstechnik / additive Fertigungstechnik / Informatik / Erneuerbare Energien
Wasseranalyse – darf es auch ein bisschen Chemie sein? Fette und Öle Bioenergie nachwachsender Rohstoffe – Thermodynamische Aspekte **Sonne(n) mit Verstand** Erste App programmieren – Einstieg in den App Inventor Vom biologischen Vorbild zum technischen Objekt **Alles nur Luft? (Luft als Gasgemisch – Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid – Teilchenmodell)** iAcoustics: Lärm im Alltag **Newton meets JAVA – Simulation physikalischer Experimente mit Greenfoot** programmieren **Lebensmittelproduktion in der Landwirtschaft** Physik zur Beantwortung biologischer Fragestellungen durch PCR **Bioindikatoren** Wie funktioniert das Internet? **Wärme Biomechanik** Informatik **Wie die eigene Hand** „Smart Grid (aus BNE-Projekt **Mit Pfiff gegen den Wind** Nano-Effekte **Bakterien Solarstrahlung Erbsubstanz zum Anfassen – Iso-**

Abb. 10: Zufällige Auswahl von Kurstiteln und Themen aus der MINT-Umweltbildung.

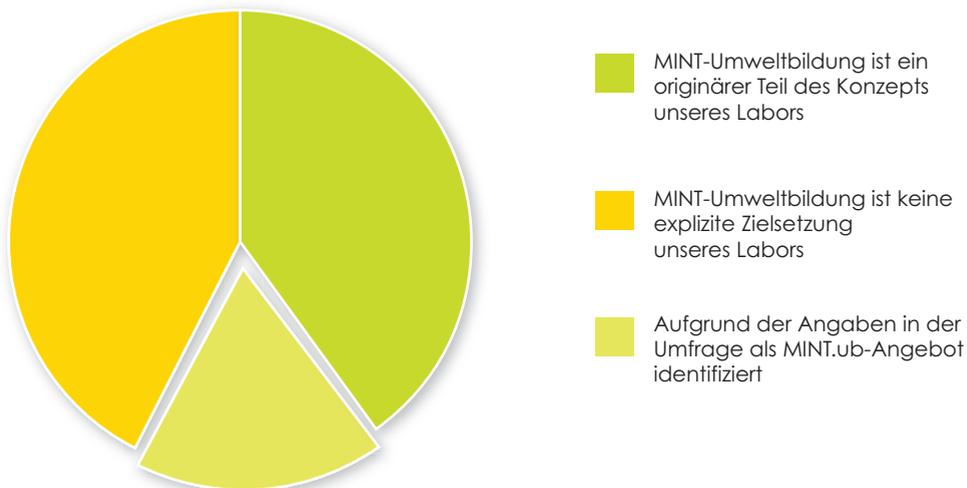


Abb. 11: Relative Angaben. n = 100

als andere Schülerlabore.

Quasi auf der Hand liegt, dass in MINT.ub-Angeboten deutlich stärker das Umweltbewusstsein gefördert wird als in reinen MINT-Angeboten. Es zeigt sich aber, dass bei zwei Dritteln der reinen MINT-Angebote auch die Förderung des Umweltbewusstseins im Fokus steht (Abb. 8). Hier deutet sich an, dass die Umfrage mit einem Schwerpunkt auf *Nachhaltigkeitsbildung* möglicherweise andere Ergebnisse gebracht hätte, zu Gunsten einer Verschiebung hin zu einem expliziten Bestandteil der **MINT.nb** in den Angeboten.

Dies zeigt sich auch an den Antworten auf die Frage, ob die Bewertung des Nutzens sowie die Folgen für Gesellschaft und Umwelt einer bestimmten technischen Entwicklung im Angebot des Schülerlabors thematisiert werden. Dieses ist ein wichtiger Aspekt in der Nachhaltigkeitsbildung. Dieser Bereich wird von erstaunlich vielen Schülerlaboren bearbeitet. Hier zeigt sich auch eine Nähe zum Alltagsbezug der angebotenen Themen in der MINT.ub.

Ein Ziel der Recherche war neben einer Bestandsaufnahme, auch diejenigen Schülerlabore zu identifizieren, die zwar Angebote zur MINT-Umweltbildung bereit halten, diese aber nicht unter

diesem Aspekt führen. Dazu wurden nicht nur die reinen Zahlenwerte der einzelnen Fragen ausgewertet, sondern auch Angaben über Angebots-Titel und thematische Schwerpunkte der Angebote.

Diese sind überaus zahlreich, wie in Abb. 10 angedeutet wird.

Diese ausgiebige Recherche unter den Schülerlaboren hat ergeben, dass viele Angebote im Bereich der MINT-Umweltbildung existieren, mit mehr oder weniger starken Überschneidungen zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Mit dem durchgeführten Survey konnte gezeigt werden, dass 18% der beteiligten Schülerlabore sich nicht im klaren waren, dass sie bereits heute Angebote zur MINT-Umweltbildung im Programm haben (Abb. 11). Auch hat sich gezeigt, dass die MINT.ub schon lange in der Schülerlabor-Szene fest verankert ist.

Literatur

- Peters, U. (2014). Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung – ein Überblick. In: Ulrich Witte et al. (Hrsg.): Nachhaltigkeit gestalten. Trends und Entwicklungen in der Umweltkommunikation. oekom Verlag, München. S 289-298.
- Peters, U. (2014). Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in Schülerlaboren. *LeLa magazin* Nr. 10, 2014, pp 13-14.

Handlungsempfehlungen für MINT.nb-Schülerlabore

Martina Parrisius, Petra Skiebe-Corrette, Fred Engelbrecht, Andreas Kratzer, Andreas Töpfer, Benjamin Brück, Olaf Haupt

MINT-Nachhaltigkeitsbildung (MINT.nb) vermittelt interdisziplinäres Wissen über Nachhaltigkeitsfragen im Bereich der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik, aber auch Soziales und Wirtschaft. Sie fördert Umweltbewusstsein und nachhaltiges Handeln. Schülerlabore sind besonders geeignet, Kindern und Jugendlichen MINT-Nachhaltigkeitsbildung nahe zu bringen und mit ihnen als Multiplikatoren auch in unsere Gesellschaft zu tragen. Entscheidend dabei ist die Bewusstseins-schärfung in Bezug auf die eigene Selbstwirksamkeit, die durch die Arbeiten im MINT.nb-Schülerlabor erreicht werden kann.

Die folgenden Handlungsempfehlungen sind als Leitfaden für diejenigen Schülerlabore gedacht, die

sich bislang nicht als MINT.nb-Schülerlabor verstehen. Aber auch Schülerlabore, die bereits die MINT.nb-Kriterien erfüllen und umsetzen, können durch die Empfehlungen ihr Angebot eventuell noch erweitern.

Die Handlungsempfehlungen sind in drei Abschnitte gegliedert und sollen verdeutlichen, was ein MINT.nb-Labor ist und welche Ziele es verfolgen kann oder sollte. Dabei spielt natürlich die „experimentelle Ausrichtung“ wie in jedem anderen Schülerlabor die wesentliche Rolle. Die Handlungsempfehlungen werden schließlich unterteilt in MINT.nb-Labor-spezifische und solche, die allgemein für alle Schülerlabore gelten können. Sie sollen Anregungen und Inspiration sein und erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit!

Experimentelle Ausrichtung eines MINT.nb-Schülerlabors

Ein Schülerlabor kann als MINT.nb-Schülerlabor bezeichnet werden, wenn es Experimente anbietet, die explizit Bezug auf die „großen Themen“ des Systems Erde nehmen, also mit ökologischen Fragestellungen verbunden sind.

Das Konzept über die ökologischen Grenzen der Erde (Planetary Boundaries) aus dem Jahre 2009 (Rockström et al., 2009) gibt dazu einige Bereiche an, die als kritische Dimensionen genannt werden und deren Grenzwertüberschreitung zu einer Einschränkung der Bewohnbarkeit der Erde führen würden (Abb. 1).

Die im Folgenden angeführten Beispiele sollen dies verdeutlichen. Sie werden teilweise durch

Best-Practice Beispiele in dieser Publikation untermauert und sind zum Teil auch Ergebnisse der Konferenz zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung am Zentrum für Umweltkommunikation in Osnabrück.

- **Klimaveränderung** (ReKli:B: Regionalen Klimawandel beurteilen lernen, Geco-Lab; GirlsGo4Green: Mit Energie das Klima wandeln!, MEX-LAB; Smart Grid und Klimawandel, Physlab)
- **Übersäuerung der Ozeane**
- **Verlust der biologischen Vielfalt (Biodiversitätsverlust)** (DNA-Barcoding zur Erkennung der Artenvielfalt, *teutolab*-biotechnologie)
- **Ozon-Problematik**
- **Globaler Trinkwasserverbrauch**

Ökologische Belastungsgrenzen (planetary boundaries)

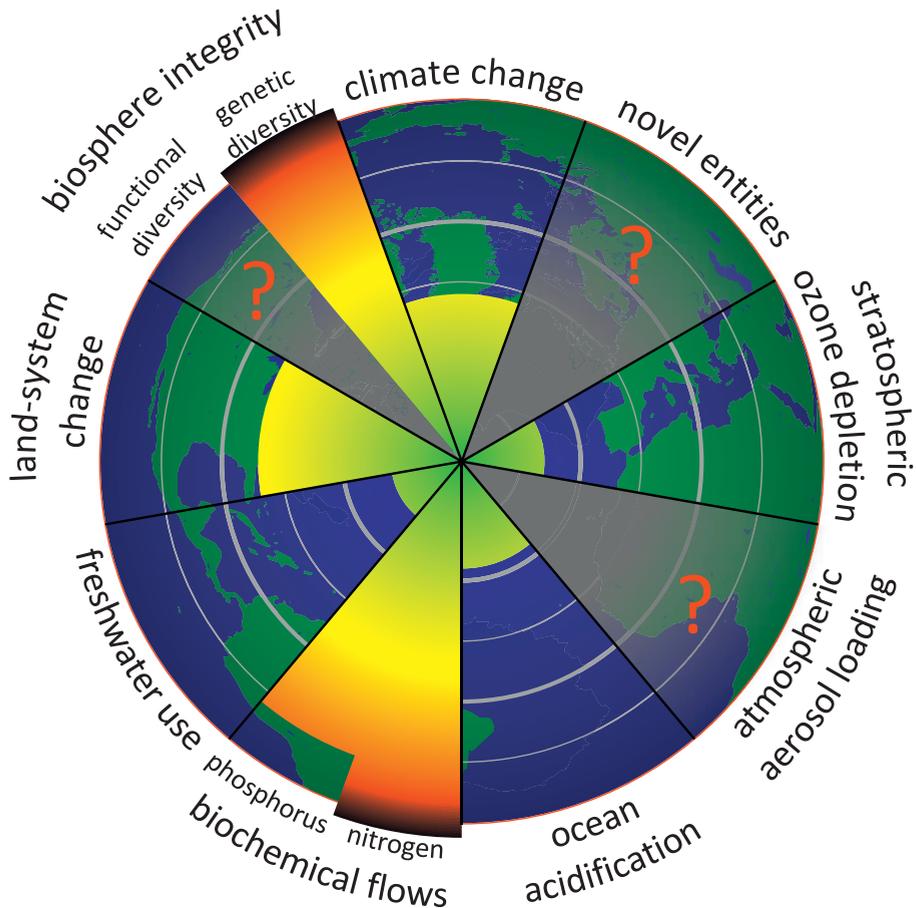


Abb. 1: Planetare Grenzen nach Rockström et al. (2009) und Steffen et al. (2015). Grüne Bereiche: Menschliche Aktivitäten, die sich innerhalb sicherer Grenzen befinden. Gelbe Bereiche: Menschliche Aktivitäten, die möglicherweise die sicheren Grenzen überschritten haben. Rote Bereiche: Menschliche Aktivitäten, die die sicheren Grenzen überschritten haben. Graue Bereiche mit Fragezeichen: Menschliche Aktivitäten, für die noch keine sicheren Grenzen festgelegt wurden. CC BY-SA 4.0

- **Belastung durch Chemikalien** (iAtmosphäre – Schwermetalle in der Umwelt, iPhysicsLab; Medikamenten-Rückstände im Wasser, EcoLab; Nachhaltige Mehrphasenkatalyse mit Ionischen Flüssigkeiten, NanoBioLab; Mikrokunststoffe gefährden die Weltmeere, Gläsernes Labor)
 - **Biogeochemische Stoffkreisläufe, insbesondere N und P**
 - **Veränderung der Landnutzung** (Wachstumskam-merexperimente – vertical farms, DLR School_Lab Bremen)
 - **Atmosphärische Aerosolbelastung**
- Aber auch viele andere Themen mit starkem Bezug zur Nachhaltigkeitsbildung können ein MINT-nb-Schülerlabor kennzeichnen, z. B.:
- **Mobilität und Belastung der Umwelt** (Jülich bewegt!, JuLab)

- **Erneuerbare Energien** (GirlsGo4Green, MExLAB; Solarboot, NAWI; Wasserstoff und klassische Brennstoffzelle, Gläsernes Labor)
- **Seltene Rohstoffe** (Seltene Erden, NatLab)
- **Nachwachende Rohstoffe** (Natürlich künstlich – Zukunft Kunststoffe, KITZ.do; Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten, NanoBioLab)

- **Lärm** (iNoise, iPhysicsLab)
- **Feinstaubbelastung** (iAtmosphäre, iPhysicsLab)

Ein MINT.nb-Schülerlabor behandelt im weitesten Sinn Themen der Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs), wie sie sich in Abb. 2 darstellen.



Abb. 2: 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Agenda 2030. (<http://www.bmz.de>, 2018)

Spezifische Handlungsempfehlungen

Wählen Sie Themen mit Bezug zur Nachhaltigkeitsbildung

In MINT.nb-Schülerlaboren werden Experimente angeboten, mit denen die Problematik der oben genannten Bereiche verdeutlicht werden können. Idealerweise könnte anhand der Experimente der Einfluss gezeigt werden, den die Veränderung bestimmter Parameter auf die Umwelt hervorrufen kann (im positiven wie im negativen Sinn). Ein MINT.nb-Labor sollte also versuchen, die Zielrichtung eines Experiments entsprechend zu verdeutlichen und mit den Jugendlichen zu diskutieren.

Beispiele

Natürlich künstlich – Zukunft Kunststoffe, KITZ.do: Neben der Herstellung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Stärke, Cellulose, Casein werden mit den Jugendlichen Vor- und Nachteile dieser Kunststoffe und das Kunststoff-Recycling diskutiert.

Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten, NanoBioLab: Experimente, die einen innovativen Produktionsprozess und grüne Chemie am nachwachsenden Rohstoff Cellulose zeigen – Rückgewinnung und Wiedereinsatz von Chemikalien reduziert den Einsatz von Chemikalien und spart Energie. Es wird auf die Problematik

der Celluloseverarbeitung eingegangen, die mit hoher Abfallerzeugung einhergeht.

Freilandmobil: Bodenuntersuchungen – Boden als Filter für toxische Substanzen, der durch Waschmittelreste im Boden zerstört werden kann, also die Fähigkeit zum Beseitigen der Schadstoffe verliert.

Smart Grid und Klimawandel, Physlab: Schüler erhalten einen fachlichen Einblick in die verschiedenen Gebiete der regenerativen Energien, in die Ursachen und Folgen des Klimawandels und in die Funktionsweise von Energienetzen.

solaris Jugend und Umweltwerkstätten: Der Solarmobilwettbewerb SolarisCup Sachsen verbindet die Themen Mobilität und Nutzung regenerativer Energien und bindet dies in einem Wettbewerbskontext in weitere MINT-Themen ein.

NAWI: Mit Schülern der Grundstufe werden Solarboote mit Luftpropellerantrieb gebaut und dabei vielfältige Kompetenzen zu Umweltthemen (Energie, Mobilität) vermittelt.

Gläsernes Labor: Mit verschiedenen Versuchstationen zu Themen mit Umweltbezug (Brennstoffzelle, Energiespeicher, Biogasgewinnung usw.) wird versucht, die Mündigkeit der Schüler in Bezug auf Umweltthemen zu verbessern.

Verwenden Sie bei der Durchführung der Experimente einen interdisziplinärer Ansatz

Experimente in MINT.nb-Schülerlaboren sollten einen interdisziplinären Ansatz verfolgen, da Umweltproblematiken äußerst selten nur durch einen einzelnen Faktor verursacht werden. Ergänzt werden kann der experimentelle Anteil durch soziale, kulturelle und ökonomische Aspekte.

Beispiele

Jülich bewegt!, JuLab: Die Schüler beschäftigen sich mit zukünftigen nachhaltigen Formen der

Mobilität und bauen ein Batterie-betriebenes Modellauto. Sie erhalten Einblicke in Elektrotechnik, Ingenieurwissenschaften wie Material- und Verfahrenstechnik, Photovoltaik, Methanolerzeugung und Pflanzenwissenschaften (Biomasse). Bei den **Wachstums-kammer-Experimenten, DLR School_Lab Bremen**, werden Biologie, Chemie, Geologie, Physik und Sozialwissenschaften zusammengebracht. Die Rolle der Informatik in technischen Fragestellungen der Energieversorgung wird in dEin-Labor in verschiedenen Experimenten demonstriert.

Vertiefen Sie die Experimente durch einen Ganzheitlichen Ansatz

Experimente in MINT.nb-Schülerlaboren sollten eine ganzheitliche Betrachtungsweise ermöglichen und fächerübergreifend das Zusammenspiel aller zugrundeliegenden Faktoren aufzeigen.

Dies bedeutet nicht, dass immer alle Aspekte experimentell dargestellt werden müssen. Es kann aber durch die Betrachtung weiterreichender Fragestellungen die tiefer gehende Problematik zumindest in Ansätzen erschlossen werden. Dabei spielen oft auch soziale, kulturelle sowie wirtschaftliche und ethische Probleme eine wichtige Rolle.

Beispiele

Im Modul **Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung** des Science Lab UZH wird der Fokus auf die Einordnung wissenschaftlicher Ergebnisse gelegt und auf die Frage, ob diese geeignet wären, als Entscheidungshilfe für zukünftige Vorhaben und Beschlüsse in der Politik zum Thema Nachhaltigkeit und Klimawandel zu dienen.

Natürlich künstlich – Zukunft Kunststoffe, KITZ, do: Zusätzlich zu den Experimenten zur Herstellung von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen werden Klima- und Umweltaspekte beleuchtet, der Zusammenhang zwischen wirt-

schaftlichen Interessen, Umwelt und Mensch, Rohstoffverknappung dargestellt und diskutiert.

Freilandmobil: Boden wird unter den Aspekten Ökologie und Ökonomie, Nahrungsquelle und Rohstoffquelle sowie als Lebensraum analysiert.

Medikamenten-Rückstände im Wasser, EcoLab: Betrachtung von Ursachen und Lösungsmöglichkeiten, Analyse und Beseitigung.

Im **Physlab** steht im Modul Smart Grid und Klimawandel die zentrale Frage: Warum sollten wir regenerative Energieformen vermehrt nutzen, obwohl es effizientere Methoden bei der herkömmlichen Energiegewinnung gibt? Im Experiment sollen die Schüler die Kompetenz gewinnen, diese Frage in einem ganzheitlichen Ansatz zu beantworten. Im **TUMLab im Deutschen Museum** wird anhand eines Wasserschachtkraftwerks der notwendige Kompromiss zwischen Effizienz und Naturschutz thematisiert.

gestalten öffentliche Grünanlagen und entwerfen PR-Maßnahmen.

Im **Physlab (Smart Grid und Klimawandel)** eignet sich das Themenfeld „Smart Grid“, also das „intelligente Energieversorgungssystem“, zur Förderung naturwissenschaftlicher Gestaltungs- und gesellschaftlicher Bewertungskompetenz. Das Thema **Wasserschachtkraftwerk** im **TUMLab** greift auch die Einsatzmöglichkeiten dieser Technik im lokalen Umfeld und in Entwicklungsländern auf.

Andere Schülerlabore bieten BNE-Module zur Analyse von Düngern und Bodenproben mit nachfolgender Bewertung an, verknüpfen das Modul Nanotechnologie (Silbernano) mit der Fragestellung „Soll eine neue Waschmaschinentechologie empfohlen werden?“, lassen zu Experimenten im Themenbereich „Plastik im Meer“ Handlungsmöglichkeiten diskutieren, sensibilisieren über Rollenspiele im Modul „Salzwiese am Meer“ Küstenschutz, Tourismus, Naturschutz.

Verdeutlichen Sie den BNE Ansatz

Gestaltungskompetenz, Bewertungskompetenz, Risikoabschätzung, Risikomündigkeit sind Begriffe, die in den Angeboten von MINT.nb-Angeboten eine wichtige Rolle spielen. Diese Begriffe müssen mit Inhalten gefüllt werden. Erhöhen Sie die Bewertungskompetenz Ihrer Schüler, indem Sie ihnen beibringen, naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben und zu erklären.

Beispiele

Im Modul **Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung** des **Science Lab UZH** wird Bewertungskompetenz in Form von Problemlösefähigkeit gefördert.

Regionalen Klimawandel beurteilen lernen – ReKli:B, Geco-Lab: Ökologische, ökonomische und soziale Aspekte des Klimawandels werden in die Entwicklung von Anpassungsstrategien integriert, die individuelle Bewusstseinsbildung und Gestaltungskompetenz fördert. Schüler

Stellen Sie einen Bezug zum Alltag her

Um die Bedeutung der Experimente und der Fragestellungen zu vermitteln, sollten die Schüler ihren eigenen Alltag bzw. ihre Lebenswelt darin wiederfinden oder sich selbst davon betroffen sehen.

Beispiele

GirlsGo4Green – Mit Energie das Klima wandeln!, **MExLAB:** „Role Models“, u. a. in Führungspositionen, stellen ihre Karriereverläufe vor. In persönlichen Gesprächen werden empathische sowie reale, greifbare Ansätze für Karrieren entwickelt und Bezüge zu den Teilnehmerinnen hergestellt.

Seltene Erden – Chemie-Experimente und BNE im Schülerlabor, NatLab: Durch Experimente und E-Learning-Materialien in Rahmen eines „Inverted Classroom Model“ zu den Seltenen

Erden im Handy reflektieren Schüler ihr eigenes Konsumverhalten. Es wird die Problematik des Recyclings von den Seltenen Erden als „Gewürzmetalle“ verdeutlicht.

Im **teutolab-biotechnologie** werden im Modul **DNA-Barcoding und Artenvielfalt** u. a. Proben von hiesigen gefährdeten Orchideen untersucht, im Modul „Medikamenten-Rückstände“ des Eco-Lab werden Wasserproben aus der Umgebung analysiert.

Im **DLR School_Lab Bremen** wird mit den **Wachstumschammer-Experimenten** ein Konzept für den nachhaltigen Pflanzenanbau auf der Erde (vertical farm) erarbeitet.

Im **NanoBioLab** werden bei der Nachhaltigen **Mehrphasenkatalyse** Strategien erarbeitet, mit denen sich Chemikalien und Energie im Alltag einsparen lassen. Zudem werden weniger gefährliche, alternative Stoffe thematisiert.

Für Schüler sind Papier und Pappe zentrale Bestandteile ihres Schulalltags (Bücher, Hefte, etc.) – ein Zugang zu den Experimenten **Celluloseverarbeitung** des NanoBioLab ist sofort vorhanden.



der Mülltrennung und Müllvermeidung konfrontiert. Im DLR School_Lab Bremen sollen die Schüler im Anschluss an die Wachstumschammer-Experimente Zukunftsvisionen erstellen und müssen dazu ihre eigene Rolle reflektieren.

Unterstützen Sie Selbstwirksamkeit und Bezug zum eigenen Handeln

Die Auseinandersetzung mit der Frage, was ich selbst bewirken kann, unterstützt die Eigenmotivation, sich mit herausfordernden Problemstellungen auseinanderzusetzen und selbst nach Lösungen zu suchen. Unterstützen Sie beim Umgang mit den MINT.nb-Experimenten in Ihrem Schülerlabor Diskussionen und Reflexionen zum eigenen Beitrag bzw. die Überzeugung, an der Lösung der zugrundeliegenden Gesamtproblematik teilhaben zu können.

Beispiel

Natürlich künstlich – Zukunft Kunststoffe des **KITZ.do**: Auch Schüler verwenden täglich viele Kunststoffe und werden mit der Notwendigkeit

Leben Sie Nachhaltigkeit vor

Mehr Nachhaltigkeit wird durch authentische, glaubhafte Vermittlung erreicht (z. B. Mülltrennung, Verzicht auf Stand-by-Modus der Geräte, überdachter Fahrradständer mit Fotovoltaik und Infotafel). Kommunizieren Sie, dass schon bei der Gestaltung der Versuchsaufbauten und bei der Verwendung von Materialien nachhaltige Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Ein authentisch agierendes MINT.nb-Schülerlabor eignet sich in besonderer Weise (als eine Art Kondensationskern) dazu, Ideen für die Transformation zu mehr Nachhaltigkeit zu entwickeln. Diese Ideen können im Kleinen ausprobiert und anschließend weiter verbreitet werden.

Nachhaltigkeitsbildung im Leitbild

Nehmen Sie das Thema MINT-Nachhaltigkeitsbildung in das Leitbild ihres Schülerlabors auf (z. B. „Unser Schülerlabor steht für die Förderung nachhaltiger Entwicklungen und den verantwortungsbewussten Umgang mit natürlichen Ressourcen durch Vermittlung von Handlungskompetenzen zur nachhaltigen Sicherung unseres globalen ökologischen Systems“). Dadurch wird ein starkes Commitment abgegeben und weckt bei Außenstehenden Interesse und besondere Wertschätzung. Mit dem Leitbild kann sich ihr Schülerlabor an das der Mutterinstitution anlehnen oder aber auch auf diese wirken. Führen Sie zur Erstellung Ihres Leitbildes eine Ist-Analyse durch (wo sind wir bereits nachhaltig?) und identifizieren Sie anschließend weitere mögliche Bereiche, in denen sich Ihr Schülerlabor noch verbessern könnte.

Beispiele

- ⋮ Verbrauch von Papier, Chemikalien (grüne Chemie), Energie.

Beteiligen Sie Ihr Schülerlabor an Citizen Science-Projekten

Durch die Teilnahme an Citizen Science-Projekten kann ein MINT.nb-Schülerlabor den Schüler/innen vermitteln, dass Sie tatsächlich in wissen-

schaftliche Arbeit eingebunden werden und als Teil der allgemeinen Öffentlichkeit in Zusammenarbeit mit professionellen Wissenschaftlern oder wissenschaftlichen Institutionen einen bedeutenden Beitrag leisten. Die Zusammenarbeit mit Fachwissenschaftlern in Citizen Science-Projekten ermöglicht den Jugendlichen einen stärkeren Einblick in die Forschung und erhöht besonders stark die Authentizität der Arbeit im Schülerlabor.

MINT.nb-Schülerlabore als Reallabore

Die MINT.nb-Schülerlabore können als Reallabore genutzt werden, um dort Veränderungsprozesse anzustoßen, zu testen und diese dann nach außen in die Gesellschaft zu tragen. Grundausrichtung eines Reallabors ist die Kooperation zwischen Wissenschaft und Zivilgesellschaft, bei der das gegenseitige Lernen in einem experimentellen Umfeld im Vordergrund steht. Der Begriff des Labors wird hier über seine klassische natur- und ingenieurwissenschaftliche Bedeutung hinaus um einen sozialen Kontext erweitert. Beispielsweise könnten Schüler zu seltenen Erden experimentieren, dies mit Umfragen in der Bevölkerung verbinden („Würden Sie ein Handy kaufen, das zwar teurer, aber besser zu recyceln ist, als die heutigen?“) und veröffentlichen. Die Etablierung eines Reallabors setzt die Vernetzung mit anderen Playern in der (wissenschaftlichen) Bildungslandschaft voraus.

Handlungsempfehlungen allgemeiner Art

Vernetzung

Die folgenden Handlungsempfehlungen sollen helfen, dass MINT.nb-Schülerlabore stärker und sichtbarer in der Bildungslandschaft wahrgenommen werden.

1. Vernetzen Sie sich mit Partnerschulen zur beid-

seitigen Profilbildung, am besten mit dem Angebot von längerfristigen Projekten

2. Vernetzen Sie sich mit anderen außerschulischen Lernorten, die Nachhaltigkeitsbildung in ihrem Programm führen, zu Bildungslandschaften, Bildungsregionen oder MINT-Regionen, um Flächenprojekte anzustoßen (mögliche Synergieeffekte)
3. Bringen Sie MINT.nb-Themen aktiv in bestehende

Netzwerke ein (z. B. MINT-Region)

4. Unterstützen Sie die Vernetzung von MINT.nb-Schülerlaboren untereinander (Anbieten gemeinsamer Module)

Spezielle methodische Ansätze

Um die MINT.nb-Ziele eines Labors besser zu erreichen, sind folgende Empfehlungen hilfreich:

1. Forcieren Sie Recherche und Diskussion (evtl. als Nachbereitung) zu gesellschaftlichen Auswirkungen der Experimente bzw. deren Ergebnisse
2. Beziehen Sie philosophische/ethische Aspekte im Kontext der durchgeführten Experimente in die Arbeit mit den Jugendlichen ein – in welcher Welt will ich leben und was bin ich bereit dafür zu tun
3. Schließen Sie ökonomische Betrachtungen mit ein, evtl. mit Unterstützung von Wirtschaftswissenschaftler*innen
4. Bieten Sie Plan- und Rollenspiele als Zusatz zur ganzheitlichen Betrachtung an, die auch zu Hause oder in der Schule eingesetzt werden können
5. Stärken/überarbeiten Sie die grundsätzlichen Möglichkeiten im Bereich der Nachbereitung des Schülerlabor-Besuchs, z. B. mit Hilfe von digitalen Medien
6. Verwenden Sie „Digital Story Telling“ – Menschen nutzen die neueren digitalen Werkzeuge, um ihre „Geschichte“ zu erzählen – und arbeiten Sie mit Filmen und Comics.

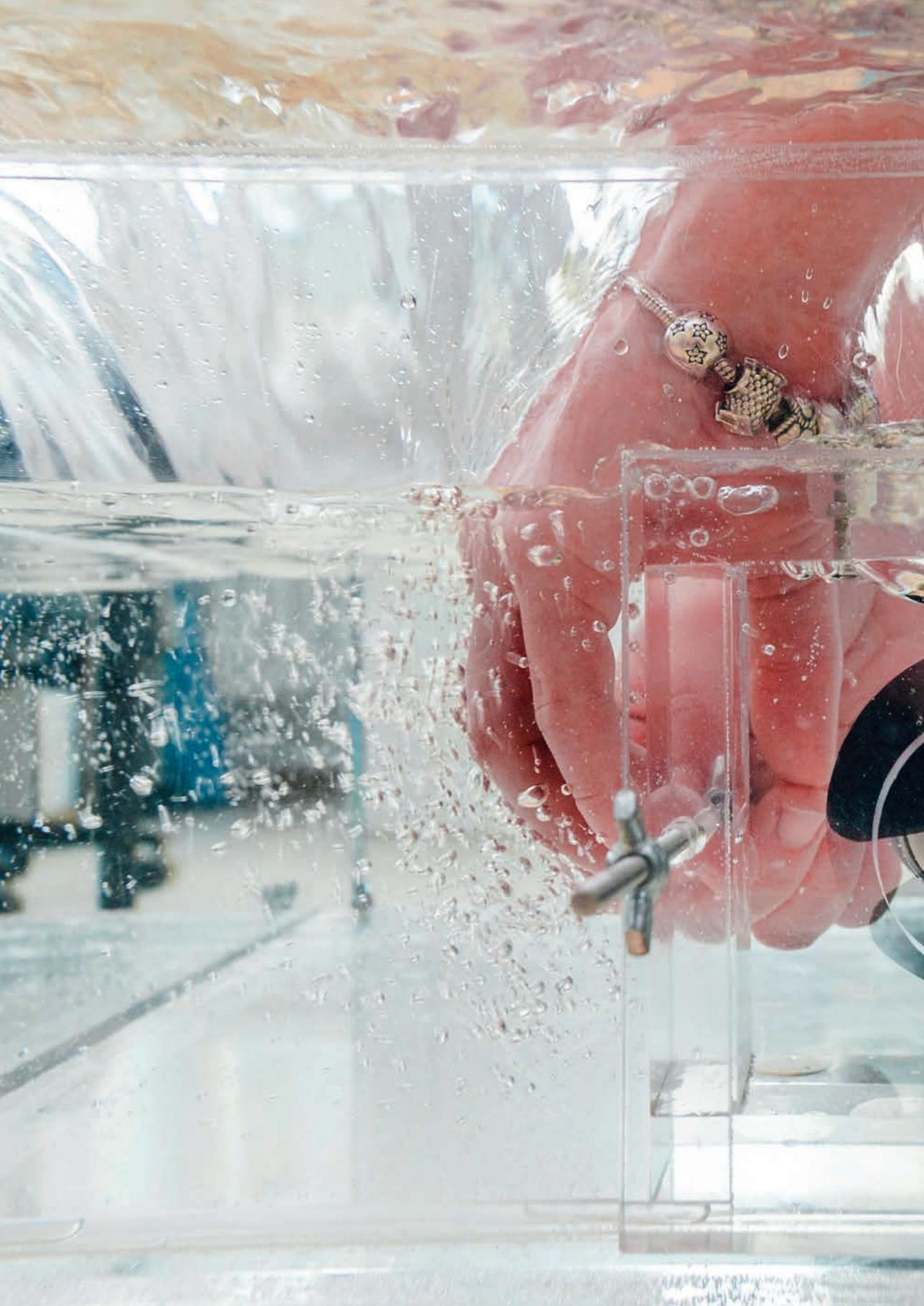
Es zeigt sich, dass Schülerlabore oft bereits MINT.nb-Themen bearbeiten oder Methoden verwenden, die auch zur Bearbeitung typischer MINT.nb-Themen geeignet sind. Die in den Schülerlaboren vermittelten Methoden können auch in regionale BNE-orientierte Netzwerke eingehen oder fachliche und methodische Grundlage für Citizen Science Projekte sein.

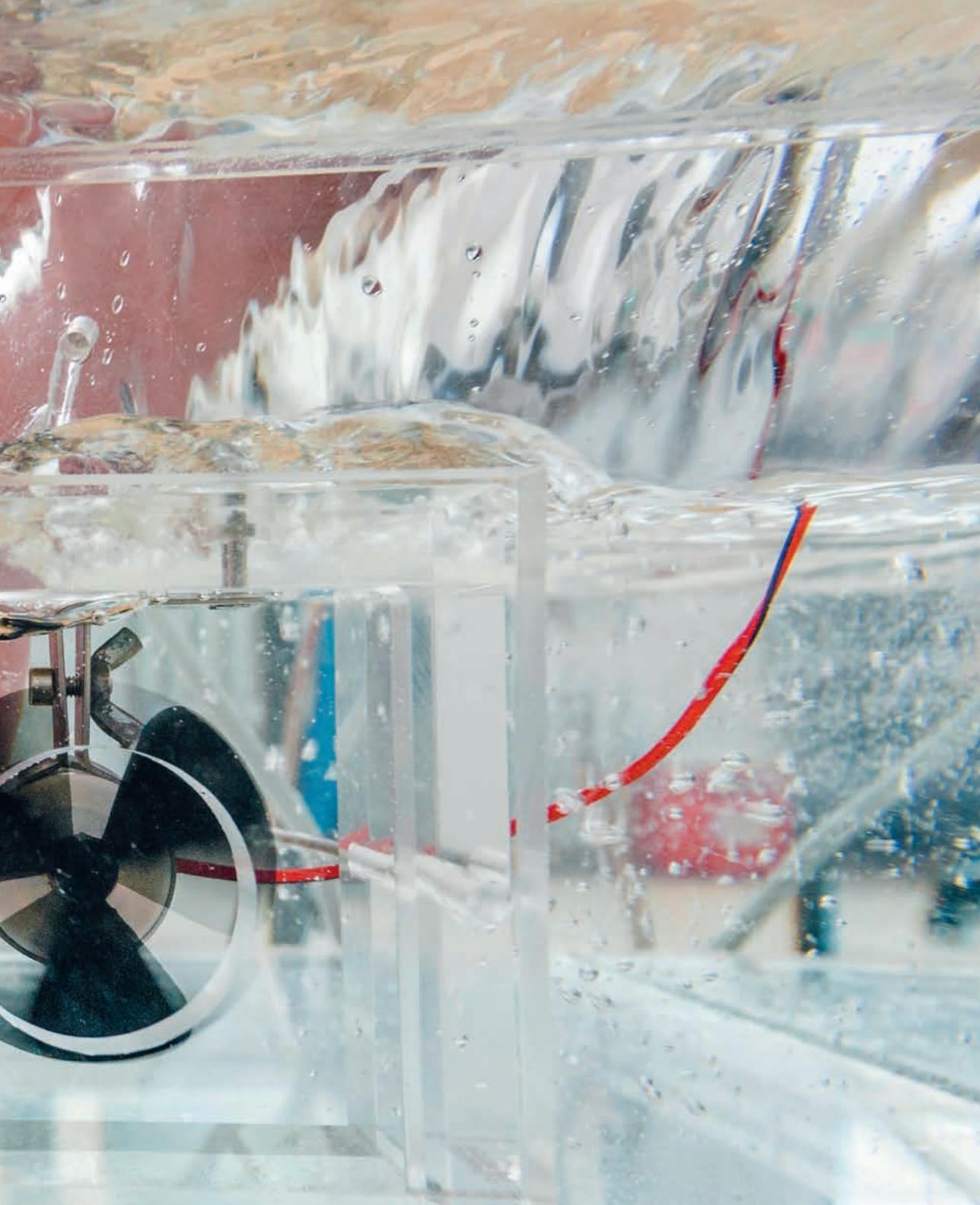
Themen aus dem Bereich MINT.nb werden oder sollen eine gewisse Emotionalität hervorrufen. Dies geschieht sicher über die großen, weltweit disku-

tierten Themen wie Klimawandel, Artensterben, Überfischung uvm. Aber erfolgreich in Bezug auf eine Transformation im Verhalten des einzelnen Schülers hin zu nachhaltigem Handeln werden die Angebote in den Schülerlabore vor allem sein, wenn sie einen hohen Bezug zur Umwelt oder „Unswelt“ (wie es Leinfelder beschreibt, siehe Seite 130) jedes Einzelnen haben und damit die Anwendung im Alltag veranschaulichen können. Bei der Entwicklung solcher Themen können Kooperation mit Forschungseinrichtungen (REC Research-Education-Cooperation) helfen.

Literatur

- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, H., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, P., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. In: *Nature*. 461, 2009, S. 472–475.
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung: http://www.bmz.de/de/ministerium/ziele/2030_agenda/index.html (download 10.01.2018).
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347, Issue 6223.





Best Practice-Beispiele

Windrad-Dynamo

In unserem Projekt beschäftigen sich Schülerinnen und Schüler mit Windenergie. Sie erforschen das Problem der nicht ständigen Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen, indem sie einen Fahrrad-Dynamo basierend auf Windenergie bauen und programmieren.

Die Aufgabe ist es, eine Fahrradbeleuchtung mit Vorderlampe- und Standrücklicht so zu steuern, dass die Energie aus einer Kombination eines (Fahrt-)Windgenerators und eines Akku-Speichers gespeist wird.

Mit diesem Experiment werden die Grundzusammenhänge bei Erneuerbaren Energien erforscht (volatile Energiequellen und Speicher). Die Nutzung von Techniken aus der Informatik (Datenerfassung, -auswertung, programmierte Steuerung) ist wichtiger Bestandteil der Energiewende (Stichwort Smart Grid), der hier erfahrbar gemacht wird.

Jugendliche können sich das Szenario einer Fahrradbeleuchtungs-Steuerung gut vorstellen, weil sie es aus dem Alltag kennen. Die Einbeziehung von Windenergie als Energiequelle ist typischerweise problematisch und die Suche nach Lösungen ist aktuelles Forschungsthema in vielen Fachgebieten unserer Universität, der TU Berlin. So lassen sich gut Bezüge zu aktuellen Forschungsthemen herstellen (z. B. Windkraftanlagen, Speicher, Smart Grid)

Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie ein Dynamo (Generator) funktioniert, und was es für Speichertechniken gibt. Sie erfahren, wie mechanische Energie (Wind, der Rotorblätter bewegt) umgewandelt, als elektrische Energie genutzt und gespeichert werden kann. Sie lernen, wie man Energie misst und Messwerte in Programmen nutzt, um die Energieverwendung zu steuern. Dafür lernen sie grafische Programmierung mit LabView kennen, einem echten Ingenieurswerkzeug, das in Forschung und Industrie weit verbreitet ist.

Aspekte der Energiewende sind gesellschaftlich

außerordentlich relevant. Das Experiment konzentriert sich zwar auf Windkraftanlagen, bezieht aber auch Speichertechniken und Steuerungsprogrammierung mit ein. Dadurch wird deutlich, dass die Energiewende ein interdisziplinäres Thema ist (Elektrotechnik, Informatik, Chemie, Umweltschutz, Klimaschutz, Politik).

Windenergie und Speichertechniken sind wichtige Forschungsthemen, insbesondere an unserer Trägerorganisation, der TU Berlin. Beispiele sind die effiziente Energieübertragung über weite Strecken (von Offshore-Windparks im Norden Deutschlands zur Industrie in den Süden), aber auch die Bauweise von Akkus für Elektroautos, und die technische Umsetzung von Smart Grids.

In unserem Projekt werden einerseits Programmierkompetenzen gefördert (Messdatenerfassung, laufendes Abfragen von Umweltbedingungen, Systemreaktion auf Umwelteinflüsse in Echtzeit); zum anderen fördert das Projekt das technische Verständnis der elektrotechnischen Grundlagen (Strom, Spannung, Energie, Generator, Speicher). Bezugnehmend auf Schulfächer ist das Experiment daher interdisziplinär zwischen den Disziplinen Physik (Elektrotechnik) und Informatik (programmierte Steuerung) angelegt.

Im Experiment sollen die Schülerinnen und Schüler eine Fahrrad-Vorderlampe (weiße LED), ein Standlicht (rote LED), einen Akku und eine Akku-Kontroll-Lampe (grüne LED) so steuern, dass folgendes passiert:

- Bei Fahrtwind wird die weiße LED direkt aus dem Windgenerator gespeist und der Akku wird aufgeladen.
- Weht kein Fahrtwind (das Fahrrad steht), dann leuchtet die rote Standlicht-LED, die dafür aus dem Akku gespeist wird.
- Ist der Akku fast leer, so leuchtet die Kontrollanzeige (grüne LED).

Diese Vorgaben sollen mit *LabView* program-

miert und mit Lego-Mindstorms-Windgeneratoren und mehreren LEDs umgesetzt werden. Dazu muss die jeweils verfügbare Energie gemessen werden, die der Windgenerator gerade liefert. Zur Windsimulation stehen Standventilatoren zur Verfügung.

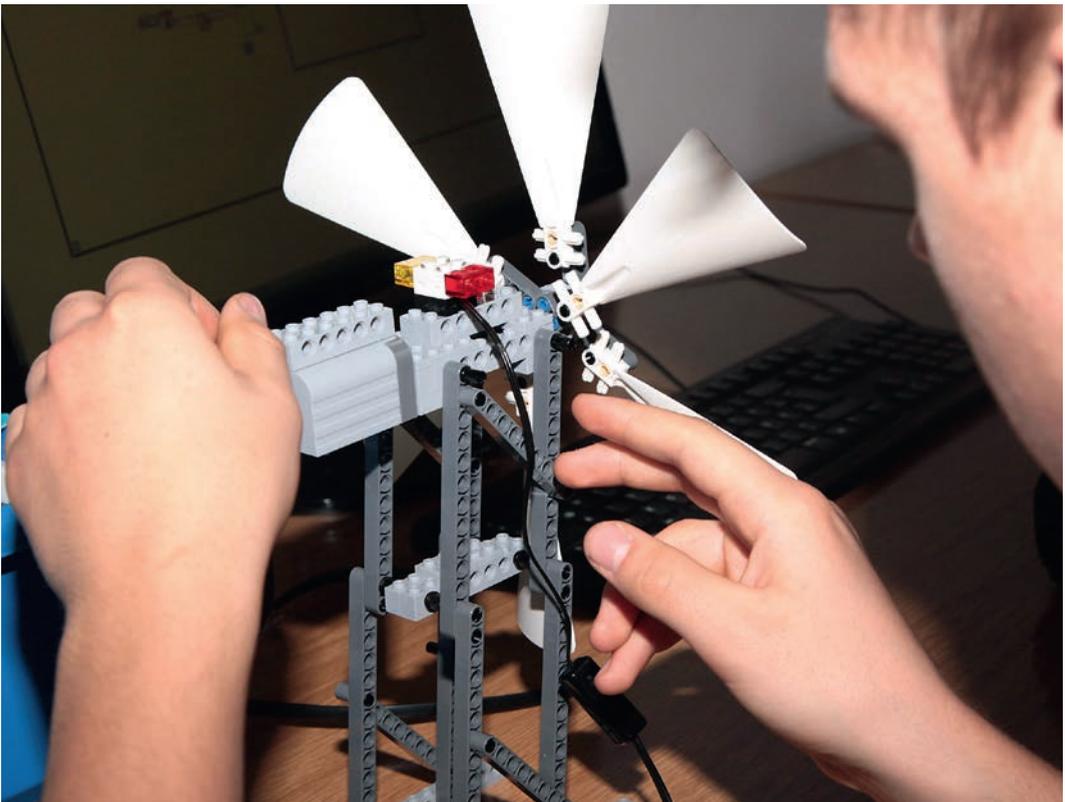
Das Projekt umfasst ca. 4 bis 5 Stunden und läuft ab wie folgt:

Wir beginnen mit einer Vorstellungsrunde, bei der auch Berufswünsche und Interessen der Teilnehmenden abgefragt werden. Es folgt eine Einführung in die Thematik der Energiewende anhand von Folien, wobei ein besonderer Fokus auf die Funktionsweise von Windkraftanlagen und Generatoren gelegt wird. Nach der Einführung erhalten die Schülerinnen und Schüler ein LabView-Tutorial zu grundlegenden Programmierbefehlen, sowie ein

Tutorial zum Messen und Speichern von Werten mit dem Lego-NXT-Energiemeter. Sie führen damit Versuche mit unterschiedlichen Windradparametern durch und vergleichen die Messwerte.

Dieser erste Bestandteil des Moduls ist zugeschnitten auf das Thema Messen im Physikunterricht der 10. Klasse. Die erzeugten Messwertdateien werden anschließend in MS Excel (bzw. LibreCalc) weiterverarbeitet und als Diagramme dargestellt. Ein Messwertreihenvergleich der einzelnen Gruppen an der Tafel schließt den ersten Teil des Moduls (Fokus Messen) ab.

Im zweiten Teil erhalten die Schülerinnen und Schüler das Aufgabenblatt Windrad-Dynamo (siehe unten). Es soll der aktuelle Zustand der Windkraftanlage abgefragt werden (erzeugt sie Energie, hat das Speichermodul Energie gespeichert, weht



Ein Mini-Windrad entsteht aus Lego.

(Foto: dEIn Labor)

Herzlich willkommen bei der dEIn-Labor Windkraft GmbH. Wir wollen die Fahrradbeleuchtung revolutionieren!

Unser Ziel ist es, mit dem Fahrtwind ein Windrad anzutreiben. Dieses Windrad wird mit einem Smart-Interface verbunden (Lego Energiemeter und NXT). Über diese Schnittstelle steuern wir unsere Fahrradbeleuchtung.

Unsere Features sind:

Zwei dauerhaft leuchtende weiße Lampen, ein rotes Standlicht und eine grüne Warnleuchte, die uns anzeigt, dass wir zu wenig Energie haben.

1. Weißes Licht

Die weißen Lampen werden direkt an das Energiemeter angeschlossen. Im Energiemeter befindet sich ein Akku, der über den Windgenerator geladen wird.

Solange genug Energie vorhanden ist, werden diese beiden Lampen dauerhaft leuchten.

Ob sich das Windrad dreht oder nicht, die Lampen leuchten Akku-betrieben. Weht Wind, so wird der Akku aufgeladen.

Steht das Windrad aber dauerhaft, wird nach und nach die Energie verbraucht, der Akku wird entladen; bald kann er keine Versorgungsspannung mehr liefern und die Lampen gehen aus.

2. Rotes Licht (Standlicht hinten)

Die rote Lampe wird mit dem NXT verbunden, das ist der Baustein, den wir programmieren können. Der NXT bezieht seine Versorgungsspannung über den USB-Port vom PC.

Wenn das Windrad steht (kein Fahrtwind), soll die rote Lampe leuchten.

Im windstillen Zustand sendet das Energiemeter eine „0“ an den Input vom NXT-Baustein. Im Zustand „drehendes Windrad“ sendet das Energiemeter eine „1“ an den Input vom NXT-Baustein.

3. Grünes Licht (Kontrollanzeige für zu wenig Energie im Akku)

Die grüne Lampe wird mit dem NXT verbunden.

Wenn die Joule-Daten am Output vom Energiemeter einen bestimmten Wert unterschreiten, dann soll die grüne Lampe blinken. Wobei Blinken eine andere Bezeichnung ist für Einschalten-Warten-Ausschalten-Warten-Einschalten.

Wind?). Je nach Ergebnis soll eine Windkraft-gesteuerte Fahrrad-Lichtanlage so programmiert werden, dass beim Fahrradfahren bzw. im Stillstand die entsprechenden Lichter leuchten. Auch in diesem zweiten Teil des Moduls (Fokus Programmieren) werden am Ende die Ergebnisse der verschiedenen Gruppen präsentiert und diskutiert.

Das Ziel des Projekts ist die eigenständige Entwicklung eines Programms zur umweltabhängigen Steuerung einer Windenergie-gespeisten Beleuchtungsanlage. Dabei wird das Bewusstsein für Probleme des Einsatzes erneuerbarer Energien geschärft, es werden aber auch Kompetenzen für die Lösung der gefundenen Probleme entwickelt.

Das Angebot wurde erstellt im Rahmen des DBU-Förderprojektes *„Entwicklung, Erprobung und Etablierung eines interdisziplinären, experimentellen Umweltbildungsmoduls zur Energiewende für Schülerinnen und Schüler im Schülerlabor dEIn Labor der Technischen Universität Berlin“*

(Az. 31949-41, Laufzeit 1.11.2014 – 31.10.2015, https://www.dbu.de/projekt_31949/01_db_2409.html).

Weitere in diesem Förderprojekt entstandene Umweltbildungsmodule im dEIn-Labor sind das Informatik-Modul „Virtuelles Kraftwerk“ zur Simulation des Kreislaufs aus Energieerzeugung und Verbrauch, sowie das Elektrochemie-Modul „Farbstoffsolarzelle“, bei dem Schülerinnen und Schüler Solarzellen bauen, bei denen ein Farbstoff, ähnlich wie bei der Photosynthese, unter Sonneneinstrahlung Energie freisetzt.

Zu allen Modulen wurden Vortragsfolien und Arbeitsunterlagen (Aufgabenblätter, Tutorials und Handouts) entwickelt und in Probedurchläufen eingesetzt. Die entwickelten Arbeitsmaterialien stehen auf unseren Projektseiten unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-SA zur Verfügung.

dEIn Labor (das Elektrotechnik- und Informatik-Labor)

Fakultät für Elektrotechnik und Informatik,
Technische Universität Berlin
Einsteinufer 17 | 10587 Berlin | Berlin



Kontakt: Dr. Claudia Ermel

Schülerlabor-Kategorie: SchülerLabor^{KFWB}

Klassenstufen und Schulart(en): ab Klasse 10 bis Oberstufe, alle Schularten

Fachrichtungen: Physik, Informatik

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 5–6 Stunden

Schlagwörter: Windenergie; Energiewende; Smart Grid; Programmieren mit LabView; Generator; Dynamo

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Geführt forschendes Experimentieren. Die Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt

EDEN for Kids

Die Erde ist ein lebensfreundlicher Planet. Wir Menschen finden auf ihr alles, was wir zum Leben brauchen. Dafür ist nicht zuletzt die vielfältige Pflanzenwelt verantwortlich: Pflanzen produzieren Sauerstoff, den wir zum Atmen benötigen, und bilden unsere wichtigste Nahrungsgrundlage. Auf anderen Himmelskörpern würde uns Menschen diese wichtige Grundlage fehlen. Deshalb wird in dem EDEN-Labor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) heute schon daran geforscht, wie wir auf Langzeitmissionen im Weltall Pflanzen anbauen könnten. Mit dem Projekt EDEN for Kids wollen wir Schülerinnen und Schülern diese Forschung näherbringen und zeigen, dass die Technik uns auch für ein nachhaltiges Leben auf der Erde nutzen kann.

In Zukunft werden nicht nur Roboter, sondern wahrscheinlich auch Menschen zum Mond und Mars oder anderen Himmelskörpern reisen um sie zu erforschen. Dabei wird die Crew einen Großteil ihrer Nahrung selbst anbauen und züchten müssen. Denn während die Besatzung der Internationalen Raumstation (ISS) heute noch regelmäßig mit unbemannten Versorgungs-Transportern Nachschub erhält, wäre dies über größere Distanzen zu aufwendig. Natürlich werden die Astronautinnen und Astronauten viele Lebensmittel von Beginn an mitnehmen. Sie müssen daher lange haltbar sein – in aller Regel sind das vakuumverpackte Speisen, denen vorher das Wasser entzogen und dann vor dem Verzehr wieder zugesetzt wird. Aber wir alle wissen: Auch frisches Obst und Gemüse sind für die Gesundheit wichtig. Daneben gibt es noch weitere gute Gründe, auf längeren Missionen Pflanzen anzubauen: Der von Pflanzen produzierte Sauerstoff würde die Crew im Raumschiff und nach der Landung in Habitaten mit Atemluft versorgen. Zudem weiß man von Versuchen auf der ISS, dass Pflanzen auch einen positiven Einfluss auf die Psyche der

Menschen haben, was bei einer langen Mission auf engstem Raum einen großen Vorteil mit sich bringt. Kurz und gut: Weltraumreisende von morgen werden sich autonom versorgen müssen, indem sie Obst- und Gemüsebeete bewirtschaften.

Doch ist Pflanzenanbau auf anderen Himmelskörpern wie dem Mond oder dem Mars überhaupt möglich? Einfach ist das jedenfalls nicht! Schließlich sind die Umweltbedingungen auf den anderen Himmelskörpern unseres Sonnensystems nicht nur für uns Menschen, sondern auch für Pflanzen keineswegs freundlich: Auf dem Mars ist die Atmosphäre extrem dünn und der Mond besitzt gar keine Lufthülle. Damit steht den Pflanzen kaum oder kein Kohlenstoffdioxid zur Verfügung, das sie für die Photosynthese brauchen. Außerdem herrschen auf Himmelskörpern ohne dichte Atmosphäre extreme Temperaturschwankungen und es gibt kaum Schutz vor gefährlicher Strahlung aus dem Weltall. Hinzu kommt die Bodenbeschaffenheit: Unsere Nutzpflanzen auf der Erde wachsen meist in weichem mineralstoffreichem Humus. Der Boden des Mars und Mondes ist aber eher mit trockenem Wüstenboden vergleichbar. Und schließlich enthalten Mars- und Mondboden häufig Schwermetalle, die Obst und Gemüse vergiften können. Daher müssten Pflanzen auf diesen Himmelskörpern in speziellen Gewächshäusern angebaut werden. Doch um dies zu verwirklichen, müssen wir die Bedingungen des Pflanzenwachstums sehr genau kennen.

Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Wasserversorgung. Sowohl Pflanzen als auch Menschen benötigen Wasser zum Überleben. Um nicht auf Nachschub angewiesen zu sein, müsste Wasser in einem Kreislauf wiederverwertet werden. Über die Atmung oder die Haut abgegebenes Wasser und sogar Urin werden auf der ISS heute schon in mehreren Filterschritten wiederaufbereitet – und genau so müsste es auch bei entfernteren Zielen geschehen. Das gereinigte Abwasser würde teilweise als Trink-

wasser verwendet, teilweise den Pflanzen zugesetzt und über das Gemüse und die Früchte wieder aufgenommen: ein in sich geschlossenes Bio-System. Im EDEN-Labor des DLR werden die idealen Bedingungen des Pflanzenanbaus erforscht. So werden Gewächshäuser entwickelt, die besonders kompakt und effektiv sind. Für die Bewässerung kommt in den Tests ein künstlicher Urin zum Einsatz. Um das Wasser und die Mineralstoffe optimal zu nutzen, wird auf ressourcenschonende und effiziente Prozesse geachtet, die möglichst in geschlossenen Kreisläufen stattfinden. Wasser und Mineralstoffe müssen aufbereitet und erneut verwendet werden. Gleichzeitig muss alles auf engstem Raum stattfinden. Schon 2018 soll der Pflanzenanbau unter geschlossenen Bedingungen für zukünftige Mond- und Mars-Kolonien auf dem sogenannten Eu:CROPIS-Satelliten in einer Erdumlaufbahn getestet werden.

Die dafür benötigten Technologien sind auch für ein nachhaltiges Leben auf der Erde interessant: In vielen Regionen ist Wasser knapp. Mit Erkenntnissen aus der Raumfahrt könnten in Zukunft Konzepte erarbeitet werden, die auf eine Wiederverwendung der Ressourcen abzielen. Dabei könnte ein Teil der Nahrungsmittelproduktion – genau wie im Falle der Raumfahrt-Habitats – dort stattfinden, wo die Nahrung gebraucht wird: zum Beispiel in den Städten, aber auch in der Wüste. Der Vorteil: Was vor Ort produziert wird, muss nicht transportiert werden. Hierdurch reduziert man Kosten und senkt Belastungen für die Umwelt. Schon 2018 kommt die Technik in der Antarktis zum Einsatz: Im Projekt EDEN ISS wird ein Container mit den Gerätschaften aus dem EDEN-Labor ausgestattet und so zum Gewächshaus umge-

baut. Er soll die Besatzung der Neumayer-Station im langen antarktischen Winter mit frischem Obst und Gemüse versorgen.

Das DLR_School_Lab Bremen bietet mit dem EDEN for Kids Projekt Schulklassen die Möglichkeit, während eines Schulhalbjahres selbst ähnliche Experimente durchzuführen. Die Schülerinnen und Schüler können sich dabei mit Experten austauschen und auch die Bedeutung hinsichtlich des zukünftigen Pflanzenanbaus auf der Erde diskutieren. Dieses Projekt wird durch die Robert-Bosch-Stiftung im Rahmen des Programms Our Common Future gefördert und zusammen mit dem Gymnasium Vegesack und dem Ökumenischem Gymnasium zu Bremen 2017 erstmals durchgeführt. Langfristig soll das Projekt für fünf Klassen parallel angeboten werden.

Zu Beginn des EDEN for Kids Projekts werden die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkräfte mit den Pflanzenboxen und dem Themenkomplex „Pflanzen und Raumfahrt“ vertraut gemacht. Dazu dienen auch mehrere Mitmach-Versuche, die das



Abb. 1: Laborleiter Daniel Schubert stellt der Klasse sein EDEN-Labor vor und zeigt einen hydroponisch (in Wasser) angebaute Salat.

DLR_School_Lab Bremen zu diesen Fragestellungen anbietet. Hierzu gehören ein Schlämmversuch sowie Versuche zum Vakuum und zur Strahlung. Ein besonderes Highlight ist der Besuch des EDEN Labors (Abb. 1). Hier dürfen die Jugendlichen exklusiv hinter die Kulissen der professionellen und aktuellen Forschung im Bereich der Entwicklung von Wachstumskammern schauen.

Die Schülerinnen und Schüler führen anschließend in ihren Schulen selbst Versuche mit einfachen Pflanzenboxen durch. Dabei beobachten sie das Pflanzenwachstum unter unterschiedlichen Bedingungen. Beispielsweise vergleichen sie das Wachstum in normaler Erde mit dem Wachstum in einem Imitat des Marssandes sowie das Wachstum bei grünem, violetterem oder weißem Licht (Abb. 2). Kleine Gruppen von Schülerinnen und Schülern betreuen ihre eigenen Pflanzen, für die sie selbst verantwortlich sind und die sie eigenständig gießen, beobachten, zählen und messen.

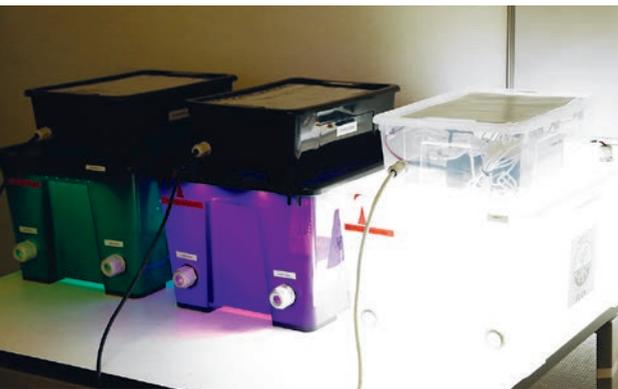


Abb. 2: In speziellen Pflanzenboxen führen die Klassen erste Versuche zum Pflanzenwachstum durch.

Nach der ersten Experimentierphase in der Schule werden die Ergebnisse bei einem zweiten Treffen im DLR_School_Lab vorgestellt. Die Jugendlichen stellen ihre Ergebnisse in Abbildungen und Graphen dar und gestalten ihre eigenen Forschungsposter. Diese Poster präsentieren sie vor der Klasse sowie vor den Wissenschaftlerinnen und

Wissenschaftlern des DLR. So entsteht ein Austausch zwischen Lernenden, Lehrenden und Forschenden (Abb. 3).



Abb. 3: Schüler stellen ihre Ergebnisse im DLR_School_Lab vor.

In der zweiten Experimentierphase erhalten die Jugendlichen professionelle Wachstumskammern mit einer automatischen Bewässerung, in denen sie eine weitere Versuchsreihe durchführen (Abb. 4). In diesen Boxen können Umweltfaktoren wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Belichtungsdauer kontrolliert und variiert werden. Die Ergebnisse dieser Phase werden in der botanika Bremen, einem Science Center mit technisch aufwendigen Gewächshäusern, vorgestellt. Probleme und Herausforderungen beim Pflanzenanbau werden mit dem technischen Leiter der botanika besprochen und die Ergebnisse im Hinblick auf Aspekte und Perspektiven der Nachhaltigkeit mit der Umweltkoordinatorin der Universität Bremen erörtert. Diese Diskussion ist gleichzeitig die Vorbereitung auf die letzte Phase des Projekts.

In der abschließenden Phase entwickeln die Schülerinnen und Schüler eigene Fragestellungen und Versuchskonzepte. Diese können zum Beispiel Schadstoffe, Mineralsalze oder Ressourcenschonung behandeln. Im Rahmen des Abschlusstreffens stellen die Jugendlichen ihre Ergebnisse in einer Poster-Präsentation den anderen Klassen sowie Experten vor. Damit findet ein Austausch wie bei

einer wissenschaftlichen Tagung statt. In dem Projekt durchleben die Jugendlichen also einen gesamten Forschungsprozess und sind regelmäßig mit Fachleuten in Kontakt, mit denen sie ihre Ergebnisse auf Augenhöhe diskutieren. Durch diesen systematischen Erfahrungs- und Gedankenaustausch lernen die Schülerinnen und Schüler gleichzeitig die entsprechenden Berufsbilder kennen.



Abb. 4: Eine Tutorin stellt eine professionelle Wachstumskammer des EDEN for Kids Projektes vor, die den Schulen zur Verfügung gestellt wird. (Fotos: DLR_School_Lab Bremen)

DLR_School_Lab Bremen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Robert-Hooke-Str. 7 | 28359 Bremen | Bremen



Kontakt: Dr. Dirk Stiefs

Schülerlabor-Kategorie: SchülerLabor^{KFW}

Klassenstufen und Schularart(en): 8. Klasse (das Konzept ist für weitere Altersstufen anpassbar)

Fachrichtungen: Biologie, Physik, Chemie, Geologie, Soziologie, Werte und Normen

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: ca. 16–18 Wochen

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen ● Freies Arbeiten. Schüler können eigene Fragestellungen entwickeln und erforschen ● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen

Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten

In dieser Versuchsreihe lernen die Schülerinnen und Schüler ein alternatives, umweltfreundliches Verfahren zur Verspinnung von Cellulose mittels Ionischer Flüssigkeiten kennen. Dazu führen die jungen Experimentatoren in einer variabel gestaltbaren und einfach gehaltenen Serie von Experimenten einen nachhaltigen Verarbeitungsprozess von Cellulose selbst durch. Die Schüler können die Isolierung von Cellulose aus Holzspänen selbst durchführen und die gewonnene Cellulose durch direktes Auflösen in Ionischen Flüssigkeiten und Spinnen in ein Wasserbad anschaulich selbst erleben. Dabei liegt der Schwerpunkt des Verfahrens auf dessen ökologischen, ökonomischen und sozialen Vorteilen. Durch diesen innovativen Produktionsprozess könnte eine nachhaltigere Entwicklung in der Produktion von Materialien auf Basis des nachwachsenden und umweltfreundlichen Rohstoffes Cellulose ermöglicht werden. Die hier vorgestellten Experimente leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Förderung einer MINT-Umweltbildung der Schülerinnen und Schüler.

Ionische Flüssigkeiten als umweltfreundliche Lösemittel für nachwachsende Rohstoffe

Ionische Flüssigkeiten sind eine relativ neuartige Klasse von Lösungsmitteln, bestehend aus Anionen und organischen Kationen mit einem sehr niedrigen Schmelzpunkt (häufig und erstrebenswert sind Schmelzpunkte unter Raumtemperatur), die sich durch ihre einzigartige Eigenschaftskombination auszeichnet. Hierzu zählen ein vernachlässigbarer Dampfdruck, welcher Verdampfungsverluste, Inhalation und Freisetzung in die Umwelt über die Gasphase ausschließt, sowie die daraus resultierende Nichtbrennbarkeit, die Ionische Flüssigkeiten zu

sehr sicheren Lösemitteln macht. Darüber hinaus zeigen sie eine hohe chemische und thermische Stabilität und ein einstellbares Löseverhalten gegenüber organischen Lösemitteln sowie Wasser, was Rückgewinnung und Wiedereinsatz einfach möglich macht und damit hilft Chemikalien und Energie einzusparen. Auch weitere Eigenschaften von Ionischen Flüssigkeiten sind in weitem Rahmen auf das Einsatzgebiet maßschneiderbar. So kann die Leistung von chemischen Prozessen optimiert und Ressourcen geschont oder gar komplett neue Verfahrensmöglichkeiten eröffnet werden. Entsprechend ist diese Lösemittelklasse in den letzten beiden Jahrzehnten in den Fokus der wissenschaftlichen Forschung in den unterschiedlichsten Fachdisziplinen gerückt, wobei eine Vielzahl der Untersuchungen aus o.g. Gründen auf Anwendungen mit Nachhaltigkeitsbezug liegt.

Cellulose ist das am häufigsten vorkommende natürliche Polymer und zeichnet sich durch eine ausgesprochene Vielseitigkeit seiner Anwendun-



Abb. 1: Ionische Flüssigkeiten als neuartige und umweltfreundliche Lösemittel.

gen aus, wovon die Herstellung von Textilien und Papier nur einige Beispiele aus der Alltagswelt der Schüler/innen darstellen. Die Nutzung von Cellulose als industriell bedeutender, biologisch abbaubarer Rohstoff aus nachwachsenden Quellen ist daher von hoher Relevanz für eine nachhaltige Entwicklung, sowohl für die direkte Verarbeitung als auch als Basis für die erdölunabhängige Herstellung von Chemikalien. Die größte Verbreitung als technischer Prozess zur Celluloseverarbeitung ist derzeit noch immer das Viskoseverfahren, welches Cellulose durch Derivatbildung mittels des leichtflüchtigen und leichtentzündlichen sowie giftigen Kohlenstoffdisulfids (CS_2) in das wasserlösliche Cellulose-Xanthogenat überführt, welches anschließend durch Rückreaktion versponnen wird. Neben den Sicherheitsproblemen durch die Verwendung von CS_2 benötigt das Verfahren noch große Mengen an weiteren Chemikalien, wie konzentrierte Natronlauge und Schwefelsäure. Ein alternatives Lösemittel, welches große Mengen an Cellulose ohne Derivatisierung lösen kann, ist daher der Schlüssel zur Etablierung eines umweltfreundlichen Alternativverfahrens. Problematisch erweist sich dabei die Unlöslichkeit von Cellulose in konventionellen Lösemitteln. Da gewisse einfach zugängliche Ionische Flüssigkeiten in Reinform große Mengen an Cellulose lösen können, sind sie ideale Kandidaten für die Entwicklung neuer Methoden zur Celluloseverspinnung. Besonders geeignet sind wasserlösliche Ionische Flüssigkeiten, da die Celluloselösung dann einfach in ein Wasserbad versponnen wird, ohne dass weitere Additive benötigt werden. Die wasserunlösliche Cellulose kann anschließend leicht abgetrennt werden und die Ionische Flüssigkeit rückgewonnen und wiedereingesetzt werden. Den Schülern zeigt diese Experimentserie die Gewinnung eines industriell bedeutenden und im Alltag präsenten nachwachsenden Rohstoffes, wodurch ein hohes Maß an Anschaulichkeit gewährleistet wird. Neben dem Aufzeigen des alternativen Prozesses lernen die Schüler darüber hinaus, wie chemische Verfahren im Allgemeinen umweltfreundlicher



Abb. 2: Experimentieren im NanoBioLab.

(Foto: Das Bilderwerk)

und damit auch häufig wirtschaftlicher gestaltet werden können und so einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigeren Entwicklung liefern. Neben der Verbesserung der Umweltfreundlichkeit durch alternative Verfahren ist auch die Erschließung von nachwachsenden Rohstoffquellen ein zentraler und aktueller Forschungsschwerpunkt in vielen wissenschaftlichen Disziplinen, wodurch eine Brücke zum derzeitigen Stand der Fachwissenschaften geschlagen wird.

Vom Holz zur Verarbeitung

Der erste Schritt der Versuchsreihe ist die Isolierung von Cellulose aus Holzspänen, durch Anschluss zum Beispiel von unbehandeltem Kleintierstreu mit Ameisensäure, Wasserstoffperoxid und Schwefelsäure bei 100°C für eine Stunde. Dabei wird das Lignin des Holzes selektiv oxidiert und die Zellstoff-Cellulose kann anschließend abfiltriert und gewaschen werden. Während des Aufschlusses können die Ionischen Flüssigkeiten von den Schülern synthetisiert werden, wobei dieses sich jedoch etwas zeitintensiver gestaltet. Besonders gute Lösungsvermögen für Cellulose zeigen 1-Butyl-3-methylimidazolium-chlorid (CAS-Nr.: 7991790-1) und 1-Butyl-3-methylimidazolium-acetat (CAS-Nr.: 284049-75-8), wobei Ersteres besonders günstig in der Synthese ist, aber eine sehr viskose Celluloselösung ergibt. Steht weniger Zeit zur Verfügung, können die Ionischen Flüssigkei-

ten auch von kommerziellen Anbietern bezogen werden. Um anschauliche Ergebnisse zu erzielen reicht ein kleines Volumen der Lösung vollkommen aus. Durch Einrühren von 2–3 Gewichtsprozent der selbsthergestellten Cellulose in kleine Volumina (ca. 8 mL) Ionischer Flüssigkeit bei circa 80 °C bis zur vollständigen Auflösung der Cellulose wird bereits eine verspinnbare Lösung erhalten. Statt bzw. zusätzlich zur selbsthergestellten Zellstoff-Cellulose kann auch unbehandelte Kosmetikwatte (reine Baumwoll-Cellulose) in den Ionischen Flüssigkeiten gelöst werden. Die fertigen Celluloselösungen wer-

den im warmen Zustand mit einer Spritze (1–5 mL) mit Schraubaufsatz für Kanülen aufgezogen und eine Kanüle geeigneter Dicke aufgeschraubt. Die Kanüle wird in ein kaltes Wasserbad getauscht und die Lösung mit konstantem Druck in das Wasserbad gedrückt. Direkt nach dem Kontakt mit Wasser löst sich dabei die Ionische Flüssigkeit im Wasser auf und die Cellulose fällt im Wasser in Form von langen Fäden aus. Die Fäden lässt man einige Zeit im Wasserbad, entnimmt sie danach und lässt sich an der Luft trocknen, wobei ein getrockneter, elastischer Cellulosefaden erhalten wird. Neben den

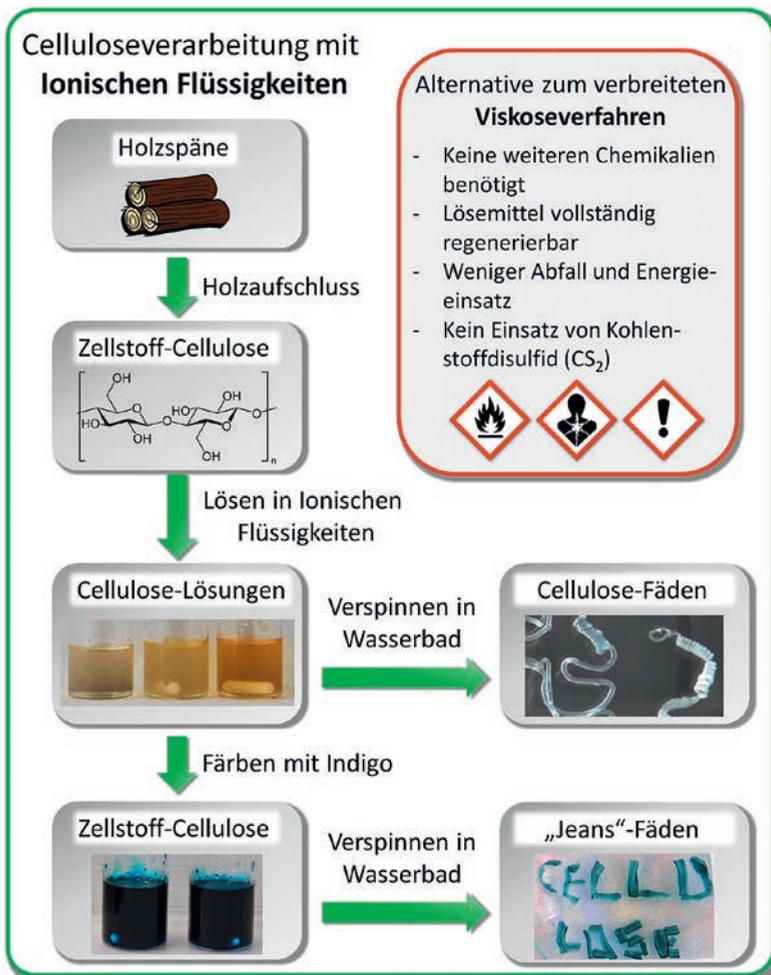


Abb. 3: Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten im Chemie-Schülerlabor. (Fotos: NanoBioLab)

Cellulosefäden können nach ähnlichem Verfahren auch durchsichtige Folien aus Cellulose hergestellt werden. Dazu wird die Celluloselösung zwischen zwei Glasplatten gepresst und vorsichtig in ein Wasserbad gegeben. Nach einiger Zeit kann eine Folie entnommen und getrocknet werden. Cellulosefolie bzw. Zellglas findet auch heute noch breite Anwendung für die Verpackung von Lebensmitteln und wird ebenfalls nach dem ökologisch bedenklichen Viskoseverfahren hergestellt. Dadurch lernen die Schüler die Vielseitigkeit der Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten kennen. Eine weitere für die Schüler interessante Abwandlung des Versuches ist die Zugabe einiger Spatelspitzen des nur schlecht wasserlöslichen Farbstoffes Indigo zu den Celluloselösungen, bevor diese versponnen werden. Indigo ist einer der bekanntesten Farbstoffe und ist industriell zum Einfärben von Jeans-Stoff sehr verbreitet. Werden die Celluloselösungen, denen Indigo zugesetzt wurde, versponnen, wird ein blauer Cellulosefaden erhalten, dessen Farbton dem von Jeanskleidung entspricht. Nach der Herstellung der Cellulose wird den Schüler der geschlossene Verarbeitungskreislauf durch die Rückgewinnung der

Ionischen Flüssigkeit aufgezeigt. Dazu wird einfach das Wasser der erhaltenen wässrigen Lösung im Vakuum bei leicht erhöhter Temperatur abdestilliert, wodurch die Ionische Flüssigkeit wieder in Reinform erhalten wird. Hierbei wird zugleich auch die Nichtflüchtigkeit von Ionischen Flüssigkeiten, als herausragende und wichtige Eigenschaft dieser Substanzklasse, im Experiment aufgezeigt. Die so regenerierte Ionische Flüssigkeit kann wieder für weitere Experimente eingesetzt werden und ergibt einen geschlossenen, nachhaltigen Stoffkreislauf, der keine weiteren Chemikalien benötigt.

Danksagung: Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, vertreten durch Frau Dipl.-Biol. Ulrike Peters, für die finanzielle Förderung und das stete Interesse am Fortgang unserer Arbeit.

Literatur

- Rauber D., Conrad M., Huwer J., Natter H. & Hempelmann R. (2017). Demonstrating Sustainable Biomass Utilization and Processing using Ionic Liquids - an Introduction to Undergraduate Chemistry Laboratories. World Journal of Chemical Education, 5, 158–163. Open access, available at <http://pubs.sciepub.com/wjce/5/5/3>.

NanoBioLab

Universität des Saarlandes
Campus B2.2 | 66123 Saarbrücken | Saarland

Kontakt: Dr. Johannes Huwer
Daniel Rauber, Prof. Dr. Dr. h.c. Rolf Hempelmann

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KL}

Klassenstufen und Schularf(en): Gymnasiale Oberstufe

Fachrichtungen: Chemie, Chemische Verfahrenstechnik

Angebot für: Ganze Schulklassen/Gruppen

Schlagwörter: Ionische Flüssigkeiten, Cellulose, Grüne Chemie, Nachhaltigkeit

Didaktische Methoden: ● rezeptives Experimentieren: Das didaktisch entwickelte Modul wird von den Schülern vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Erstellung von Zukunftsvisionen



Konzeption und Bau eines Solarboots mit Luftpropellerantrieb

Das Schülerlabor NAWI ist an der Fakultät für angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik an der Hochschule München angesiedelt. Es bietet zahlreiche, meist lehrplanbezogene Workshops an, in denen mit Hilfe forschendem Experimentieren Fragestellungen untersucht und eigene Lösungsansätze von den Schülerinnen und Schülern entwickelt werden. Für Schülerinnen und Schüler der 3./4. Jahrgangsstufe wird ein Workshop zum Thema alternative Energien/ Solarzellen im Schülerlabor angeboten. Hier werden anhand eines selbst gebauten Solarbootes mit Luftpropellerantrieb zahlreiche physikalische und ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen untersucht. Da sich dieses Angebot speziell an Grundschulklassen der Jahrgangsstufen drei und vier richtet, ist der Workshop sehr spielerisch und forschend konzipiert. Der Workshop dauert einen Vormittag (ca. 3,5 bis 4 Stunden).

Der Workshop besteht aus drei Teilen: Konstruktion – Test – weitere Fragestellungen. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt, werden aber auch noch am Ende des Dokuments näher erläutert.

In einem ersten Teil steht die Konstruktion des

Solarbootes im Vordergrund.

Die Schülerinnen und Schüler beleuchten dabei folgendes: Was sind Solarzellen? Wie können Solarzellen genutzt werden, um ein Boot anzutreiben? Was ist ein Elektromotor?

Wie baut man ein Boot, bei dem Solarzellen, Elektromotor und Luftpropeller als Antrieb genutzt werden soll? Wie verkabelt man dies?



Wie sollte das Boot konstruiert werden, damit es stabil ist? Wie sollte der Bootskörper optimal aussehen und was ist praktisch möglich?

In einem zweiten Teil bauen die Schülerinnen und Schüler ihr Boot und führen die ersten Testläufe im Wasserkanal durch. Dabei haben die Schüler weitere Gelegenheit, ihr Boot zu optimieren.

Der dritte Teil des Workshops beschäftigt sich mit weiteren Fragestellungen. Hier stehen beispielsweise folgende Fragen im Fokus: Welchen Einfluss hat die Anzahl der Solarzellen auf die Fahrgeschwindigkeit des Bootes? Welchen Einfluss haben die Form des Propellers und die Drehrichtung auf die Fahrriehtung und Geschwindigkeit des Bootes? Wie beeinflusst die Ausrichtung des Solarmoduls die Fahrgeschwindigkeit des Bootes?

Insgesamt sollen durch diesen Workshop die Schüler folgende Kompetenzen erwerben:

- Umweltbildung – Sensibilisierung für regenerative Energien
- Erwerb motorischer Fähigkeiten
- Teamarbeit.

Diese Kompetenzen werden nachfolgend erläutert.

Kompetenz 1: Umweltbildung – Sensibilisierung für regenerative Energien

Einen hohen Stellenwert für die zukünftige Energieversorgung aufgrund ihrer Unerschöpflichkeit und CO₂-Neutralität sind regenerative Energien. Obwohl sie noch einen geringen Anteil einnehmen, weist dieser Sektor eine hohe Wachstumsrate auf, und regenerative Energien werden mittel- bis langfristig fossile und nukleare Energieträger ablösen. Deswegen ist es wichtig, Kinder und Jugendliche für dieses Thema zu sensibilisieren. Die Schülerinnen und Schüler haben in diesem Workshop Gelegenheit, sich spielerisch mit den Themen erneuerbarer

Energien und den nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen auseinanderzusetzen; dadurch sollen die Schüler zu nachhaltigem Denken und Handeln angestoßen werden. Mithilfe von Fragestellungen und Ermittlung von Lösungswegen sollen Schüler hierbei auch für alternative Energieformen und ihre Anwendbarkeit in Bezug auf die Praxis sensibilisiert werden.

Neben den fachlichen Grundlagen werden den Schülern in dem Workshop vor allem Einblicke in die Solarenergie in Bezug auf folgenden Punkten vermittelt:

- Umweltfreundlichkeit: keine Umweltverschmutzung, umweltfreundlicher Antrieb mit Solarzelle
- minimale Laufkosten
- Funktionsweise, Langlebigkeit von Solarzellen

Weiterführende Fragen, in welchen Bereichen Solarzellen eingesetzt werden können, welche Vorteile, aber auch Herausforderungen sich dadurch bieten, werden mit den Schülern erarbeitet und diskutiert und runden den Workshop ab.

Kompetenz 2: Erwerb motorischer Fähigkeiten

In dem Workshop entwerfen und bauen die Schüler eigenständig den Bootskörper des Solarbootes. Dies erfordert dreidimensionales Denken und verbessert die motorischen Fähigkeiten der Schüler. Das Erlebnis, ein funktionsfähiges Boot gebaut zu haben, gibt zudem Selbstvertrauen für zukünftige Projekte und Ideen.

Kompetenz 3: Teamarbeit

Da die Schüler das Solarboot in Zweierteams bauen, sind eine Vielzahl von Diskussionen, Arbeitsaufteilungen und Entscheidungen erforderlich. Gemeinsam müssen die Schüler durch Teamarbeit miteinander kommunizieren und Lösungsansätze finden.

Da die Kinder den Bootskörper aus Styropor mit Hilfe einer Thermosäge selbstständig herstellen, lernen sie Sorgfalt, Eigenverantwortung, Teamarbeit kennen. Durch eine Sicherheitsunterweisung und intensive Betreuung wird der sichere Umgang mit dem Thermogerät gewährleistet.

Aufgrund des Alters der Schüler ist ein spielerischer Ansatz wichtig. Nur dadurch kann gewährleistet werden, dass die Kinder begeistert dabei sind. Deswegen soll im Folgenden erläutert werden, was in den einzelnen Teilen des Workshops durchgeführt wird.

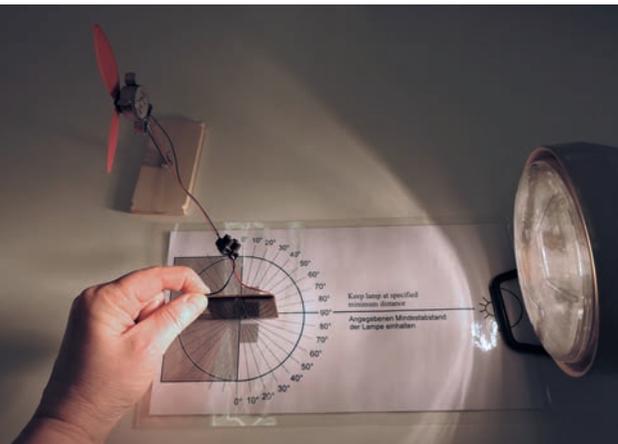
Teil 1: Konstruktion

Als Grundmaterial des Bootes stehen den Schülern folgende Materialien zur Verfügung: Solarzellen, Solarleuchte, Befestigungsmaterial, Kabel, Klammern, Schraubenzieher, ein Elektromotor, ein Propeller, Styropor, Thermosäge mit Netzteil.

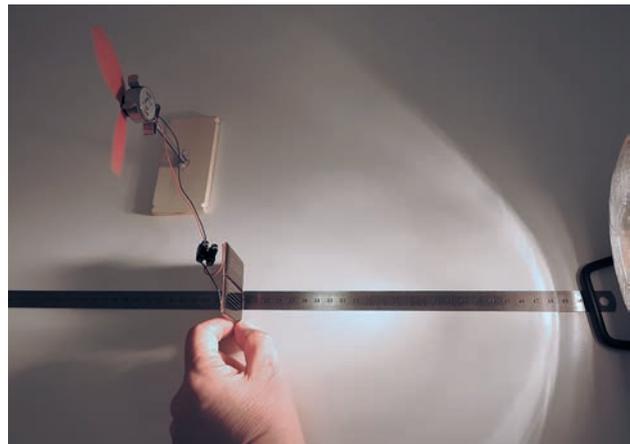


Alle Materialien zum Bau eines Solarbootes.

Viele den Kindern bekannte Boote werden mit Benzin- oder Dieselmotoren und einer Wasserschraube betrieben. Der im Experiment verwendete Luftpropellerantrieb ist sicherlich untypisch. Deswegen werden die einzelnen verwendeten Teile (Luftpropeller, Elektromotor, Solarzelle) eingeführt. Daran anschließend erhalten die Schüler die Aufgabe, anhand einfacher Versuche die Funktionsweise von Solarzellen und eines Elektromotors kennenzulernen. Dazu bauen die Schüler einen vorgegebenen Versuchsaufbau aus den vorhandenen Materialien auf. Sie untersuchen dabei die Drehleistung des angeschlossenen Elektromotors als Funktion des Abstands und des Winkels zu einer Lichtquelle, um die optimale Ausrichtung der Solarzelle zu ermitteln.



Untersuchung der Drehgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Winkel.



Untersuchung der Drehgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Abstand.

Als nächstes entwickeln die Schüler Ideen, wie die zur Verfügung stehenden Teile zum Antrieb eines Bootes genutzt werden können.

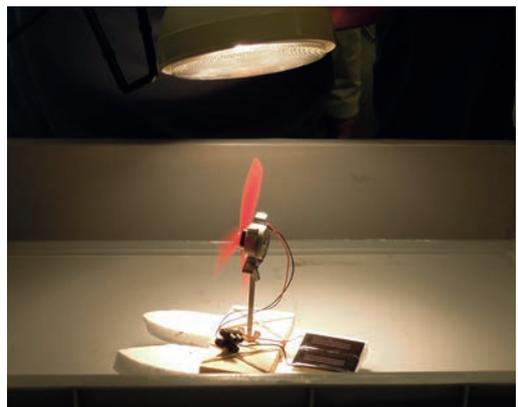
Die daran anschließende Aufgabe ist die Konzeption der optimalen Bootsform. Aus Styropor schneiden die Kinder selbstständig, nach einer Unterweisung, mit einer elektrischen Thermosäge ihre ausgedachten Bootskörper aus und bauen damit ihr Boot. Bewusst wird auf die Vorgabe von Schablonen verzichtet, um das eigene Entdecken und die Ideenfindung zu fördern. Die Auswahl der bevorzugten Bootsform erfordert auch eine Diskussion und eine kritische Auseinandersetzung innerhalb des Teams.

Teil 2: Test

Nun werden im Wasserkanal die Bootsformen getestet, und die Schüler diskutieren, warum einzelne Bootsformen besonders gut für das Experiment geeignet sind. Die Boote werden verbessert und die Schülerinnen und Schüler werden aufmerksam auf Fragestellungen, wie zum Beispiel schaffe ich es, dass mein Boot geradeaus fährt? Diesem Punkt wird meist im ersten Teil der Konstruktion wenig Beachtung geschenkt. Erst wenn das Boot das erste Mal im Wasserkanal ausprobiert wurde und die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass das Boot sich eher in Schlangenlinien bewegt als geradeaus

zu fahren, wird die Notwendigkeit der Verbesserung erkannt. Durch Optimierung werden Lösungsansätze diskutiert.

Ziel ist es, dass die Schüler während dieser Experimentierphase ein Gespür für die erforderliche Dimensionierung des Solarbootes entwickeln. Höhe der Aufbauten, Breite und Länge des Bootkörpers werden in Bezug auf die Kintersicherheit diskutiert. Wichtig ist, dass die Schüler am Ende die Auswirkungen ihrer konstruktiven Schritte erkennen. Was bewirkt die Stromlinienform des Bootes? Welchen Einfluss hat ein breites gegenüber einem schmalen Boot etc.



Solarzelle: beleuchtet mit spezieller Solarleuchte.

Teil 3: Weitere Fragestellungen

Anschließend werden noch folgende Fragestellungen näher untersucht:

- Wie vermeidet man das Kentern des Bootes?
- Warum fährt das Boot bei einigen rückwärts? Wie gelingt es einem, das Boot rückwärtsfahren zu lassen?
- Welchen Einfluss hat die Anzahl der Solarzellen auf die Fahrtgeschwindigkeit?
- Welchen Einfluss hat ein zur Sonne ausgerichtetes Solarmodul?

Abschließend wird der gegenwärtige und zukünftige Einsatz von regenerativen Energiequellen in unserem täglichen Leben diskutiert. Damit wird der Bogen gespannt von der Konstruktion des Bootes bis hin zu Klima und Umwelt. Damit werden die Kinder auf dieses Thema sensibilisiert.



Solarboot bei strahlendem Wetter im Testkanal.
(Fotos: 2018. Schülerlabor NAWI – Hochschule München,
Fakultät 06, Labor für Physik und Didaktik)

Schülerlabor NAWI

Hochschule München, Fakultät für
Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik,
Labor für Physik und Didaktik
Lothstraße 34 | 80335 München | Bayern

Kontakt: Laborleitung: Prof. Dr. Imke Libon
Organisation: Birgit Brückner, ETA

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^K

Klassenstufen und Schulart(en): Vielfältiges Angebot für Schulklassen der Jahrgangsstufe 1 bis 12; der oben beschriebene Workshop ist für Grundschulklassen der Jahrgangsstufe 3 und 4 konzipiert

Fachrichtungen: Naturwissenschaften und Technik, Physik, Alternative Energien, Umweltbildung

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 3,5–4 Stunden

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt



Artenvielfalt erkennen – Barcoding von Orchideen

DNA-Barcoding im teutolab-biotechnologie

Die Verwendung von Barcodes zur sicheren Identifikation kann nicht nur für industrielle Produkte, sondern auch für Lebewesen genutzt werden. Beim DNA-Barcoding wird die Basenabfolge eines geeigneten DNA-Abschnittes zur Arterkennung genutzt. Die sichere Identifikation von Arten ist eine Voraussetzung für den effektiven Schutz der Biodiversität. Dieser Kontext wird im Schülerlabor *teutolab-biotechnologie* am Beispiel ausgewählter Orchideenspezies erarbeitet. Die gesamte Pflanzenfamilie steht weltweit unter Naturschutz, da viele ihrer über 25.000 Arten besonders bedroht sind. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops erhalten die notwendigen Informationen und Materialien, um selbst mithilfe von DNA-Barcoding verschiedene Blattproben zu untersuchen und bestimmten Arten zuzuordnen. Dafür ist die Durchführung einer Versuchsabfolge aus DNA-Extraktion, PCR, Gelelektrophorese und Sanger-Sequenzierung notwendig.

Aspekte der MINT-Umweltbildung

Die Anwendung dieser abiturelevanten genetischen Methoden in einem ökologischen Kontext mit direktem Bezug zur untersuchten Pflanze trägt zur MINT-Umweltbildung der Schülerinnen und Schüler bei. Durch das Vorstellen der Besonderheiten exemplarisch ausgewählter Orchideenarten können sie einen Bezug zu dieser Pflanzenfamilie aufbauen und Verständnis für die Notwendigkeit der bereits bestehenden Schutzgesetze entwickeln. Die Verdeutlichung, dass auch in Deutschland Orchideen natürlich vorkommen und gerade die heimischen Habitate gefährdet sind, stärkt das Umweltbewusstsein und somit eine Komponente der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung (Peters, 2014). Dieser Aspekt ist eng mit der

Bildung für Nachhaltige Entwicklung verknüpft: Ein wichtiger Bestandteil des Praktikumstages ist die Einführung in die Hintergründe der Barcode of Life Database (BOLD). Diese Plattform des International Barcode of Life-Projects (IBOL) hat zum Ziel, langfristig durch Zuordnung von DNA-Barcodes zu Organismen an spezifischen Fundstellen die Artenvielfalt der Erde zu erfassen (Stoeckle et al., 2003). In diesem Projekt wurden seit 2003 bereits über 5 Millionen DNA-Barcodes erfasst. Der gesellschaftliche Auftrag zu diesem Vorhaben basiert auf der Agenda 21 der „Rio-Konferenz“. Hier haben sich im Jahr 1993 weltweit 168 Nationen zum Schutz der biologischen Vielfalt, der nachhaltigen Nutzung ihrer Bestandteile und zu einer gerechten Zugangsregelung verpflichtet. Voraussetzung für den effektiven Schutz ist zunächst die Erfassung der Artenvielfalt und ein sicheres Identifizieren von Spezies. Durch die rasanten Entwicklungen der technischen Möglichkeiten in der Molekularbiologie wurden verschiedene Barcode of Life – Projekte möglich (Hebert et al., 2003).

Forschung zum DNA-Barcoding

Beim DNA-Barcoding wird die Basenabfolge eines geeigneten DNA-Abschnittes als vierfarbiger Strichcode dargestellt, bei dem jede Farbe für ein Nukleotid steht. Weltweit haben verschiedene Arbeitsgruppen das DNA-Barcoding entwickelt. Da sowohl Mitochondrien als auch Chloroplasten im haploiden Modus vererbt werden und somit nicht der Rekombination unterliegen, wurde in diesen Organellen bevorzugt nach geeigneten DNA-Abschnitten gesucht (Hebert et al., 2003). Sie müssen innerhalb einer Art einheitliche, von Art zu Art jedoch klar unterscheidbare Basensequenzen aufweisen (Stüber, 2007). Bei Tieren brachte das Markergen Cytochrom-c-Oxidase I (COI) schon früh

Schüler eines Weiterbildungskollegs homogenisieren die Blattproben für die DNA-Extraktion.



eindeutige Ergebnisse. Bei Pflanzen wurde länger nach geeigneten DNA-Abschnitten gesucht (Penisi, 2007). Aktuell werden *matK* und *rbcL* favorisiert. An der Optimierung des DNA-Barcoding wird weiterhin geforscht (Hollingsworth et al., 2011). Die Aktivitäten in diesem Tätigkeitsfeld werden auch dadurch verdeutlicht, dass sich die Zahl der bereits erfassten Organismen in der BOLD-Datenbank seit 2012 annähernd verdoppelt hat.

Didaktische Umsetzung

Die Familie der Orchidaceae wird global durch das Washingtoner Artenschutzabkommen geschützt. Durch die Auswahl repräsentativer Arten aus dieser Pflanzenfamilie kann die Notwendigkeit des Schutzes bedrohter Arten für Schülerinnen und Schüler anschaulich aufgezeigt werden. Dabei wird im *teutolab*-biotechnologie die den Jugendlichen bekannte Vanille zum Einstieg gewählt und der Stern von Madagaskar als „Darwinorchidee“ untersucht. Eine tropische *Cattleya* sowie die exemplarisch ausgewählte europäische Spezies *Dactylorhiza purpurella* verdeutlichen die weltweite Verbreitung und Bedrohung (Röllke & Grotjohann, 2014).

Die didaktische Umsetzung des Workshops kann der Projektarbeit mit eigenen und auch angeleiteten Komponenten sowie dem geführten forschenden Experimentieren zugeordnet werden: Die Jugendlichen gehen der Fragestellung nach,

welche Blattprobe welcher Orchidee zugeordnet werden kann. Dazu formulieren sie Hypothesen und planen die notwendigen Versuchsschritte zur Überprüfung. Nach der selbstständigen Entwicklung des Prinzips erhalten sie das Material für die konkrete detaillierte Untersuchung. Die Ergebnisse werden mit den Hypothesen abgeglichen und diskutiert. Während des Praktikumstages wird den Schülerinnen und Schülern verdeutlicht, dass sie Einblick in die Tätigkeit eines Biotechnologen erhalten und in einem wissenschaftlichen Kontext forschend arbeiten.

Experimentelle Umsetzung

Die Jugendlichen lernen einen Anwendungsbereich der lehrplanrelevanten PCR, Gelelektrophorese und Sanger-Sequenzierung kennen und können so ihr theoretisches Vorwissen auf einen ökologischen Kontext übertragen. Die Schülerinnen und Schüler extrahieren zunächst die DNA aus vier verschiedenen Blattproben ausgewählter Orchideenspezies (s.o.). Im Anschluss amplifizieren sie ein geeignetes Markergen. Die entstandenen PCR-Produkte werden mithilfe der Gelelektrophorese überprüft und anschließend wird die Basenabfolge des Markergens durch Sanger-Sequenzierung ermittelt. Diese Ergebnisse gleichen die Schülerinnen und Schüler in der Datenbank BOLDSystems mit den dort hinterlegten Sequenzen ab. Durch Prüfung der Über-

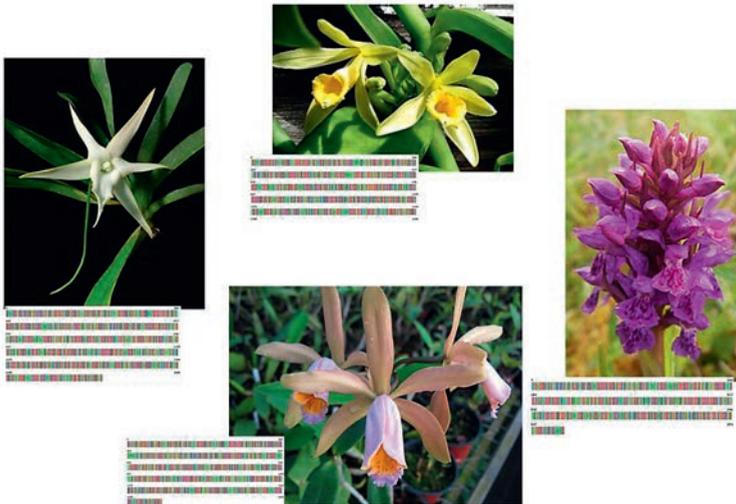
einstimmung kann die untersuchte Blattprobe einer Art zugeordnet werden.

Im Detail werden die einzelnen Versuchsschritte wie folgt durchgeführt:

Für die Isolierung der DNA wird das NucleoSpin® Plant II-Kit von MACHEREY-NAGEL verwendet. Die Angaben im Manual wurden in eine ausführliche, schülergerechte Anleitung mit acht Teilschritten überführt. Nach dem Homogenisieren der Proben erfolgt der Aufschluss der Zellen chemisch-thermisch durch Erhitzen in denaturierenden Agenzien. Im Anschluss werden Zelltrümmer mithilfe eines Filters entfernt. Danach erfolgt die Feinreinigung unter Verwendung einer Kieselsäure-Säule, an der die DNA bindet. Verunreinigungen werden durch mehrmaliges Waschen mit geeigneten Puffern entfernt. Zum Abschluss wird die gereinigte DNA von der Säule gelöst und kann als Template in die nachfolgende PCR eingesetzt werden.

Die Vermehrung des Markergens erfolgt im Thermocycler. Geeignete PCR- Programme für die Amplifikation von Markergenen finden sich auf der

Homepage der Royal Botanic Gardens Kew/Großbritannien (kew.org). Für die Vervielfältigung von matK wurde das 22 bzw. 20 Basenpaare umfassende Primerpaar 2_1a-for und 5-rev ausgewählt. Es wird in 10 µmolarer Konzentration verwendet. Die Taq-Polymerase, Desoxyribonukleotide und der PCR-Puffer werden als bereits fertig gemischter 5x HOT FIREPol Blend Master Mix von der Firma Solis-BioDyne geliefert. Hier wird das „Ready-to-load“-Produkt gewählt, das bereits mit Ladebuffer für die Gelelektrophorese versetzt ist. In speziellen dünnwandigen PCR-Eppis werden 2 µl der extrahierten DNA, 4 µl Master Mix und 2 µl Primer Mix zusammen pipettiert. Der Reaktionsmix wird auf ein einheitliches Volumen von 20 µl mit sterilem Aqua dest. aufgefüllt. Im Thermocycler werden die Proben zunächst 15 Minuten initial denaturiert, danach folgen 32 Zyklen mit 30 sec Denaturierung bei 94 °C, 40 sec Hybridisierung bei 53 °C und 40 sec Polymerisation bei 72 °C. Zur Überprüfung des PCR-Erfolges werden jeweils 8 µl auf ein 1 %iges Agarosegel aufgetragen. Nach einer Laufzeit von 30 min bei 110 Volt und anschließender Färbung mit Gelred



Die im Workshop untersuchten Orchideenspezies *Angraecum sesquipedale*, *Vanilla planifolia*, *Dactylorhiza purpurella* und *Cattleya forbesii* mit ihren DNA-Barcodes.

(Fotos: teutolab-biotechnologie)

zeigen sich Banden in Größe von ca. 750 Basenpaaren. Nach erfolgreicher Amplifikation werden die Proben aufgereinigt einem Sequenzierlabor übergeben. Da die Rücksendung der analysierten Daten einige Tage dauert, werden am Praktikumstag die Ergebnisse vorheriger Biologiekurse ausgewertet. Die Buchstabenfolge wird online in das Identification-Tool von BOLDSystems eingefügt und innerhalb von Sekunden wird eine Liste der Organismen mit den größten Übereinstimmungen angezeigt. Die Gelbilder und Sequenzdaten werden den Schulen online zur Verfügung gestellt. Durch die Darstellung relevanter Inhalte auf der Homepage und die nachträgliche Auswertung der eigenen Ergebnisse wird die Einbindung des Praktikumstages in den Unterricht unterstützt.

Literatur

- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S.L. & de Waard, J.R. (2003). Biological identifications through DNA-Barcodes. *Proceedings of the Royal Society London* 270, 313-321.
- Hollingsworth, P., Graham, S., Little, D. (2011). Choosing and using a plant DNA barcode. *PLOS*, 6 (5).
- Pennisi, E. (2007). Wanted: A Barcode for plants. *Science*, 318, 190-191.
- Peters, U. (2014). Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in Schülerlaboren. *LeLamagazin* 10, 13-14.
- Röllke, K. & Grotjohann, N. (2014). DNA-Barcoding - Anwendung einer neuen Technologie zur Erfassung der Biodiversität. *Praxis der Naturwissenschaften Biologie*, 3/64, 12 – 21.
- Stoeckle, M., Janzen, D., Hallwachs, W., Hanken, J., Baker, J. (2003). Taxonomy, DNA, and the Barcode of Life. Draft Conference Report. September 10-12, 2003. Meeting held at Banbury Center, Cold Spring Harbor Laboratory, New York, NY.
- Stüber, E. J. (2007): Drei kommerzielle Testkits zur Tierartenidentifikation in Fleischerzeugnissen im Vergleich. Unveröffentlichte Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München.

feutolab-biotechnology

Universität Bielefeld

Universitätsstr. 25 | 33615 Bielefeld | Nordrhein-Westfalen

Kontakt: Kerstin Röllke

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFLBU}

Klassenstufen und Schular(t)en: Gymnasien und Gesamtschulen, 11. und 12. Jahrgangsstufe

Fachrichtungen: Biologie, interdisziplinär mit Chemie und Physik und Informatik verknüpft

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 6–8 Stunden

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Rezeptives Experimentieren ● Geführt forschendes Experimentieren



Aus der Forschung zur Schülerpraxis: Arbeiten mit dem Modell eines Schachtwasserkraftwerks

Mit der Energiewende sind Formen alternativer Energie“erzeugung“¹ ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt. Eine Quelle alternativer Energie ist die Wasserkraft, deren Potential jedoch – zumindest in Deutschland – als weitgehend ausgeschöpft galt, da alle geeigneten Standorte bereits bekannt zu sein schienen. Doch auch weltweit betrachtet, existieren ernsthafte Schwierigkeiten mit dem Einsatz von Wasserkraft zur Energieerzeugung: In Entwicklungs- und Schwellenländern stoßen Großprojekte zur Wasserkraft, wie etwa der 3-Schluchten-Staudamm in China, nicht nur wegen massiver Eingriffe in die Umwelt, sondern auch aufgrund der sozialen Folgen auf heftige Kritik. In vielen ärmeren Ländern ist die Bildung von Wasserkraftwerken wegen der damit verbundenen finanziellen Investitionen keine Option. Auch kleine Wasserkraftwerke können für die Landschaft und das Ökosystem Gewässer unerwünschte Folgen haben, z. B. indem notwendige Bauten die Uferlandschaft stören oder das Kraftwerk die Passage der Lebewesen des Gewässers erschwert, wenn nicht sogar verhindert.

Die Wasserkraft hat jedoch auch substantielle Vorteile: Sie ist klimafreundlich, regenerativ und sie liefert unabhängig von Sonneneinstrahlung oder Windaufkommen zuverlässig Strom und trägt so zur Versorgungssicherheit bei. Auf der Grundlage europäischer Richtlinien und nationaler Gesetze sollen neue Wasserkraftwerke vor ihrer Zulassung auf ihre Umweltauswirkungen hin überprüft werden.²

Dabei wird der Durchgängigkeit der Fließgewässer für aquatische Organismen ein besonders hoher Stellenwert eingeräumt. In Bayern ist der Anteil der Wasserkraft im Energiemix traditionell hoch; angesichts der Energiewende wird angestrebt, bis zum Jahr 2021 17% des bayerischen Stromverbrauchs mit Wasserkraft zu decken, wofür u. a. neue umweltverträgliche Wasserkrafttechnologien vorgebracht werden sollen. Zu den Zielen gehört dabei auch eine Verbesserung der gewässerökologischen Situation³.

Kurs „Öko-Strom durch Wasserkraft“ und Modell des Schachtkraftwerks:

„Wie können wir mit Wasserkraft Strom „erzeugen“ und zugleich die Natur, insbesondere die Fische, schützen?“ ist in dieser komplexen Ausgangssituation die Eingangsfrage für den Kurs „Öko-Strom durch Wasserkraft“. Die Teilnehmer versuchen als interdisziplinäre Teams von Ingenieuren und Biologen auf diese Frage Antworten zu finden. Die Jugendlichen können selbst ihre Ideen zum Aufbau eines umweltschonenden Wasserkraftwerks umsetzen, indem sie es mit verschiedenen vorgegebenen Bauteilen konstruieren. Neben das eigene Erlebnis, Strom mit Wasserkraft erzeugen zu können, tritt die Möglichkeit, die Bauteile des Kraftwerks zu verändern und die Auswirkungen auf die Effizienz der Stromerzeugung zu messen. Die Modelle erlauben einen äußerst flexiblen Einsatz der Bauteile und

1 Die Begriffe Strom“produktion“, Energie„erzeugung“ etc. werden hier im Sinne der besseren Lesbarkeit in ihrer alltags-sprachlichen Bedeutung verwendet, nicht als physikalische Begriffe.

2 Einen Überblick über die geltenden Regelungen bietet das Informationsportal „Erneuerbare Energien“. http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/wasserkraft.html?cms_docId=74054

3 Bayerische Strategie zur Wasserkraft. Langfassung 17. April 2012. http://www.stmuv.bayern.de/themen/wasserwirtschaft/fluesse_seen/doc/10punktfahrplan_lang.pdf



Prototyp des an der TUM entwickelten Schachtwasserkraftwerks in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft in Obernach. Ein horizontaler Rechen schützt Fische vor der Turbine. Fische können das Schachtwasserkraftwerk über den Überlauf und eine Öffnung nahe der Turbine passieren. (Foto: Uli Benz, TU München)

eine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten in der Konstruktion des eigenen Wasserkraftwerks. Forschend-lernend beginnen die Schülerinnen und Schüler mit einfachen Fragen und Vermutungen zum Wasserkraftwerk – z. B., ob eine einzelne Turbine in der Strömung bereits Strom erzeugt. Von hier ausgehend entscheiden sie selbstständig, welche weiteren Fragen und Vermutungen sowie komplexere Aufbauten sie wählen. Um beide Ziele zu erreichen – effizient Strom zu produzieren und die Fische zu schützen – ist ein Kompromiss nötig: Auf eine maximale Stromproduktion muss zugunsten des Fischschutzes verzichtet werden.

Der Kurs greift eine Anwendungsidee aus der

aktuellen Forschung an der TU München auf: Die Modelle ermöglichen den Nachbau des patentierten Schachtwasserkraftwerks des Lehrstuhls für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TUM⁴. Das Besondere an diesem Kraftwerk: Turbine und Generator befinden sich unter Wasser in dem namensgebenden Schacht, der in das Flussbett eingebaut ist. Durch die einfache Konstruktion fällt das Kraftwerk im Landschaftsbild kaum auf. Das Wasser fließt horizontal ein, treibt eine Turbine im Schacht an und wird unter dem Wehr zurück in den Fluss geleitet. Mit einem Rechen, der von Wasser überströmt wird, werden die Fische geschützt. Der Fischabstieg erfolgt über spezielle Öffnungen in das Unterwasser. Um die Passierbarkeit auch in die andere Richtung zu erhalten, werden Fischaufstiegshilfen genutzt. Konzipiert wurde das Schachtwasserkraftwerk als fischfreundliche, geräuschlose, kosteneffiziente Alternative, die bei geringen Fallhöhen eingesetzt werden kann, bei welchen andere Wasserkraftwerke nicht rentabel arbeiten können. Mit dem Schachtwasserkraftwerk lassen sich daher – sowohl in Deutschland als auch z. B. in Entwicklungsländern – neue Standorte erschließen, die bisher für eine Wasserkraftnutzung nicht in Betracht gezogen wurden.

Den Schülern stehen für den Bau ihres eigenen Wasserkraftwerks verschiedene Konstruktionsteile zur Verfügung: Der namensgebende Schacht in drei aufeinander stapelbaren Teilen, Turbinen verschiedener Größe und aus unterschiedlichen Materialien sowie Bauteile mit unterschiedlich großen Durchlassöffnungen. All diese Bauteile können horizontal oder vertikal und an verschiedenen Positionen verwendet werden, was eine Vielzahl an Konstruktionen ermöglicht. Die Lage des dreiteiligen Wehrs kann innerhalb des Modellbeckens nicht verrückt werden; in der Höhe sind jedoch drei Ausbaustufen möglich. Die Jugendlichen erhalten die Anforderung, die Fische im Fluss zu schützen und hierzu Fischgitter und Fischtreppe in ihrer Kon-

⁴ <https://www.wb.bgu.tum.de/schachtkraftwerk/>



Aufbau eines Wasserkraftwerks im Kurs. Verschiedene Konstruktionen sind möglich, insbesondere ein modellhafter Aufbau des Schachtwasserkraftwerks. (Foto: Hubert Czech, Deutsches Museum)

struktions zu verwenden. Je nach Aufbau erlauben die entstehenden Wasserkraftwerke, mit dem erzeugten Strom LEDs, eine kleine Glühbirne oder einen Mini-Ventilator zu betreiben. Spannend für die Teilnehmer ist das eigenständige Arbeiten mit einem Projekt aus der aktuellen Forschung und der starke Anwendungsbezug.

Gesellschaftliche Debatte

Das Schachtwasserkraftwerk wird als Pilotanlage in Großweil an der Loisach gebaut werden, womit die Gemeinde mit einer Versorgung für ca. 600 Haushalte mit einem Durchschnittsverbrauch von 4000 kWh/a voraussichtlich energieautark wird⁵. Vorausgegangen ist der Genehmigung ein Konflikt zwischen Naturschützern und Befürwortern

5 Steckbrief Schachtkraftwerk Großweil an der Loisach (https://www.tum.de/fileadmin/w00bfo/www/Dokumente_zu_Pressemittellungen/Steckbrief_SKW_Grossweil_20150428.pdf)

6 <http://www.deutsches-museum.de/ausstellungen/sonderausstellungen/energiewenden/>

des Kraftwerks, in dessen Mittelpunkt der Schutz der Fische in dem sensiblen Gebiet stand. Eine Einigung wurde erreicht, als weitere Maßnahmen zum Fischschutz einbezogen wurden. Der Kurs für die Schüler zeigt den Grundkonflikt auf, ohne auf vorgefertigte Antworten über den Einsatz der Wasserkraftwerke zu zielen. Weitere Schachtwasserkraftwerke an der Iller sind in Planung und stoßen die Debatte zwischen Energiegewinnung und Naturschutz erneut an. Die Diskussion um die Vor- und Nachteile der

Wasserkraft ist prototypisch für viele Debatten der Energiewende – welche Kompromisse ist man bereit einzugehen? Wie lässt sich Technik umweltschonend und möglichst naturgerecht gestalten und implementieren? An dem lokalen Beispiel eröffnen sich viele Fragen zu einer möglichen globalen Nutzung, z. B. in Entwicklungsländern. Die Kontexte reichen von der lokalen Anwendung in Großweil zur nationalen Energiewende bis zum globalen Ausbau der Energieversorgung.

Ausstellungen

Die Gruppen, die ins TUMlab kommen, werden in der Regel geteilt – während ein Teil der Gruppe beim Kurs ist, erkundet der andere Teil Exponate in den Ausstellungen des Museums, danach wechseln

die beiden Gruppen. Thematisch finden sich enge Anknüpfungspunkte zwischen dem Kurs des Labors und den Ausstellungen des Deutschen Museums. Die Ausstellungen erweitern den Kontext und ermöglichen, das Kursthema aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten. Einen aktuellen Überblick über das Thema Energie, über die Herausforderungen der Energiewende, die Vor- und Nachteile verschiedener Energieformen, den Zusammenhang mit Energieeffizienz und -bedarf sowie innovative Technologien zeigt im Deutschen Museum bis August 2018 die Sonderausstellung *energie.wenden*⁶. Diese fordert die Besucher aktiv zur Meinungsbildung auf – Herzstück der Ausstellung sind Stationen, an denen sich Besucher anhand von Statements und Argumenten einschlägiger Akteure in einem Spiel entscheiden können, welchen Weg sie in der Energiewende selbst gehen wollen. Auch die ständigen Ausstellungen bieten spannende Objekte zum Thema Wasserkraft und Energie (z. B. Kraftmaschinen, Energietechnik, Starkstromtechnik). Ein

Beispiel: Das Diorama zu dem vom Museumsgründer Oskar von Miller gebauten Walchenseekraftwerk, einem der größeren Wasserkraftwerke (mit Produktion von 320 Millionen kWh jährlich), welches einen Vergleich verschiedener Arten der Wasserkraftnutzung ermöglicht. Innovative Führungen – z. B. das Erkunden verschiedener Ausstellungsobjekte zum Thema „Öko-Energie“ mit einem Tablet – bieten weitere Möglichkeiten, sich mit dem Thema Energie vielfältig auseinanderzusetzen.

Modul Umwelt & Technik

Der Kurs „Öko-Strom durch Wasserkraft“ ist Teil des durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Moduls „Umwelt & Technik“. Weitere Kurse des Moduls beschäftigen sich mit der Isar, ihren Flussbewohnern und ihrer groß angelegten Renaturierung sowie – ergänzend zum Thema der alternativen Energien – mit dem Thema des Energiebedarfs, bei welchem der Strom- und Standbyverbrauch verschiedener Geräte gemessen wird.

TUMLab im Deutschen Museum

Technische Universität München/Deutsches Museum
Museumsinsel 1 | 80538 München | Bayern



Kontakt: Miriam Voß, Mike Kramler

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KLW}

Klassenstufen und Schulart(en): ab 10 Jahren, alle weiterführenden Schulen

Fachrichtungen: Technik, Physik, Biologie

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: variabel, mind. 2,5 Stunden

Didaktische Methoden: ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen ● Freies Arbeiten. Schüler können eigene Fragestellungen entwickeln und erforschen ● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center ● Rollenspiel

Chemiebezogene Umweltschutzberufe – Berufsorientierung im Schülerlabor

Die durch anthropogene Einflüsse verursachten Umweltprobleme wie beispielsweise die Versalzung von Böden oder Verschmutzung von Luft oder Wasser haben in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Umweltschutzmaßnahmen hervorgerufen. Daraus haben sich vielfältige neue Berufsbilder entwickelt (Edler, Blazejczak, Wackerbauer, Rave, Legeler, Schasse, 2009), die anspruchsvolle und vielfältige Tätigkeiten beinhalten und oft ein vertieftes chemisches Fachwissen erfordern. Zudem haben Umweltschutzberufe eine hohe gesellschaftliche Relevanz, da sie eine bedeutende Rolle im präventiven Umweltschutz in den Kommunen oder der Wirtschaft innehaben. Berufsorientierung verknüpft mit dem Kontext Umweltschutz unterstützt eine nachhaltigkeitsorientierte Berufsbildung und fördert die Weiterentwicklung des präventiven Umweltschutzes (Schlömer, 2011).

Berufsorientierung ist eine Aufgabe der Schule, welche die Lernenden mit Fertigkeiten, Kenntnissen und Fähigkeiten ausstatten soll (Butz, 2008). Die zur Verfügung stehenden Materialien sind jedoch nahezu ausschließlich für eine allgemeine Berufsorientierung ausgelegt (Lumpe, 2002) und nicht für eine fachspezifische Berufsfeldorientierung. Es ist also wichtig berufsspezifische Materialien für Lernende zu entwickeln, um chemiebezogene Umweltschutzberufe vorzustellen, da sie üblicherweise im Alltag nicht so präsent sind wie z. B. kaufmännische Berufe. Aus diesem Grund wurde im Rahmen eines DBU-Projekts ein Schülerlabor entwickelt, das präventiven Umweltschutz mit chemiebezogener Berufsfeldorientierung verknüpft. Die Schülerinnen und Schüler sollen auf diese Weise die Relevanz der Chemie für den Umweltschutz kennen lernen. Durch die Verknüpfung mit dazugehörigen

Berufen wird zudem die gesellschaftliche Verankerung des Umweltschutzes herausgestellt und als Berufsfeld präsentiert, das chemisches Wissen mit einer gesamtgesellschaftlichen Aufgabe verbindet. Auf diese Weise soll das Interesse der Schüler für den Umweltschutz geweckt werden.

Im Schülerlabor ChemOL² der Universität Oldenburg können Schulklassen der Jahrgangsstufen 7–10 in Kleingruppen zu chemiebezogenen Umweltschutzberufen experimentieren. Die vier Berufe Landwirtschaftlich-technischer Assistent, Umweltmanagementbeauftragter, Agrarbiologe und Umweltwissenschaftler wurden in den Kontext einer Düngeranalyse gestellt, anhand derer die unterschiedlichen Berufsbilder thematisiert werden. Das Schülerlabor ist für einen Zeitraum von 3,5 Stunden angesetzt. Bevor die Schüler im Labor experimentell die Tätigkeiten von verschiedenen Umweltschutzberufen kennen lernen, werden die Jugendlichen durch eine Präsentation in die Thematik eingeführt. In der Präsentation wird die Klasse über allgemeine Aspekte des Umweltschutzes sowie über die Grundlagen des Pflanzenwachstums informiert. In der unberührten Natur ist der Nährstoffkreislauf geschlossen, jedoch wird dieser Kreislauf in der Landwirtschaft unterbrochen. Die Pflanzen werden bei der Ernte dem Kreislauf entzogen, wodurch die Nährstoffe nicht wieder zurück in den Boden gelangen können. Der Boden verarmt an Nährstoffen und die Ackerfläche ist für den Anbau von Nutzpflanzen nicht mehr geeignet. Die verlorengegangenen Nährstoffe können durch die Zugabe von Düngemitteln ausgeglichen werden. Neben dem Verwendungszweck von Düngern werden auch die Risiken für die Natur bei der falschen Anwendung von Düngern dargestellt. Innerhalb der

Einführung werden die Maßnahmen zum Umweltschutz mit den oben genannten Berufen im Bereich der Boden- und Düngereanalyse verknüpft. Den Schülerinnen und Schülern werden die Berufe, die im Schülerlabor behandelt werden, kurz vorgestellt. Dazu erhalten die Schüler Informationen über den benötigten Schulabschluss, die Ausbildung und die Tätigkeit der Berufe. Bei der Auswahl der Berufe wurde darauf geachtet, dass jede Berufssparte (Ausbildungs-, Weiterbildungs- und Studienberufe) im Schülerlabor thematisiert und somit die gesamte Bandbreite der Berufsfelder abgedeckt werden.

An diesen Inhalt schließt sich die Problemstellung an, die im Schülerlabor bearbeitet werden soll. Ein Landwirt hat nach einer schlechten Kartoffelernte seinen Ackerboden untersuchen lassen; die Analyse hat einen Nährstoffmangel im Boden gezeigt. Der Landwirt möchte nun den Boden mithilfe eines geeigneten Düngers aufbereiten, ist sich jedoch nicht sicher, welcher Dünger geeignet ist; diese Frage soll nun von den Kleingruppen experimentell beantwortet werden. Im Labor stehen drei verschiedene Düngerproben zur Verfügung, die auf die jeweiligen Inhaltsstoffe analysiert werden sollen: Rasenstart-Dünger, Volldünger blau sowie Balkon- und Kübelpflanzendünger. Auf der Grundlage der Ergebnisse sollen die Schülerinnen und Schüler dem Landwirt eine Empfehlung für den geeigneten Dünger geben, wobei sie auch Umweltschutzaspekte berücksichtigen sollen.

Nach der Einführung, dem Anlegen der Schutzkleidung sowie der Einteilung in Gruppen (2–3 Personen pro Gruppe) geht die Schulklassen ins Labor. Jede Schülergruppe bekommt eine von den drei verschiedenen Düngerproben – sowohl in fester Form als auch in Wasser gelöst –, die sie dann auf die folgenden Inhaltsstoffe untersuchen sollen: Ammonium-Ionen, Calcium-Ionen, Eisen(II)-/Eisen(III)-Ionen, Kalium-Ionen, Nitrat-Ionen, Phosphat-Ionen und Sulfat-Ionen; darüber hinaus wird der pH-Wert bestimmt. Die Schüler können im Labor selber entscheiden, in welcher Reihenfolge sie an den Stationen arbeiten. Die Stationen sind so aufgebaut,

dass die Schüler alle benötigten Chemikalien und Materialien am Platz vorfinden. Die Schüler analysieren während der gesamten Zeit ihre eigene Düngerprobe. Nach jedem Versuch müssen die Schüler den Arbeitsplatz reinigen, damit jede Gruppe die gleichen Bedingungen für die Analyse vorfindet. Anschließend wechselt die Gruppe an den nächsten Arbeitsplatz, an dem sie einen anderen Inhaltsstoff nachweisen. Die Schüler können ca. 2 Stunden an den Stationen arbeiten. Nach dem Experimentieren räumen die Schüler gemeinsam das Labor auf und lernen darüber hinaus, dass nicht alle Lösungen im Abwasser entsorgt werden dürfen. An dieser Stelle wird erneut das Thema Umweltverschmutzung und Maßnahmen zum Umweltschutz aufgenommen.

Die Experimente im Schülerlabor sind alle identisch aufgebaut, um den Lernenden den Umgang mit den Materialien zu erleichtern. Es gibt zwei verschiedene Materialversionen, die auf die Jahrgangsstufen 7/8 und 9/10 angepasst sind. Eine Version richtet sich an Haupt- und Realschüler sowie für die 7. und 8. Jahrgangsstufen des Gymnasiums (Version A) und eine an die 9. und 10. Jahrgangsstufe des Gymnasiums (Version B). Die beiden Versionen unterscheiden sich in der Aufbereitung der Durchführung und Auswertung: In der Version A erhalten die Gruppen eine Schritt-für-Schritt-Versuchsbeschreibung, wo hingegen die Version B einen Fließtext beinhaltet. Durch diese Unterscheidung soll das Material auf das Lernniveau der Lernenden angepasst werden und sie sollen die Möglichkeit bekommen, eigenständig zu arbeiten.

Jede Versuchsbeschreibung beginnt mit einem Kasten, in dem die folgenden Informationen zu finden sind: Beschreibung der Tätigkeit, der dazugehörige Beruf und der Zweck des Versuches. Bei dem Zweck des Versuches werden der Reaktionstyp, die Reaktionsbedingungen sowie die Indikation des Nachweises erklärt. Mithilfe des Kastens sollen die Lernenden die wichtigsten Informationen für den Versuch erhalten, und es soll ihnen die Einbettung in das Berufsfeld inklusive der Tätigkeit, die sie ausüben, näher gebracht werden. An den Infor-



Eine Schülergruppe untersucht ihre Düngerprobe auf Nitrat-Ionen.

(Foto: Rabea Wirth)

mationskasten schließt sich die Versuchsbeschreibung für den jeweiligen Nachweis an, die alle gleich strukturiert sind: Material/Chemikalien, Sicherheitsaspekte, Versuchsdurchführung, Auswertung und Entsorgung. In den Versuchsbeschreibungen werden nicht nur die Nachweise selber beschrieben, sondern auch eine Blind- und Vergleichsprobe, da die Lernenden die Nachweise meistens nicht kennen. Durch die Blind- und Vergleichsprobe können die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit bekommen, die daran anschließenden Nachweise als positiv bzw. negativ einzuordnen und eigenständig zu einem Ergebnis zu kommen.

Nach der Arbeit im Labor wird im Seminarraum besprochen, was die einzelnen Gruppen über die Inhaltsstoffe ihrer Düngerprobe herausgefunden haben. Darüber hinaus sollen die Schülerinnen und Schüler nun entscheiden, welchen Dünger sie dem Landwirt empfehlen würden.

Literatur

- Edler, D. Blazejczak, J., Wackerbauer, J., Rave, T., Legler, H., Schasse, U. (2009). Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland – methodische Grundlagen und Schätzung für das Jahr 2006. (Umweltbundesamt. Texte, 26/2009), Dessau-Roßlau.
- Butz, B. (2008). Grundlegende Qualitätsmerkmale einer ganzheitlichen Berufsorientierung. In G. Famulla, U. Michaelis, V. Möhle, B. Butz, S. Deeken (Hrsg.). Berufsorientierung als Prozess. Persönlichkeit fördern, Schule entwickeln, Übergang sichern. Ergebnisse aus dem Programm Schule-Wirtschaft/Arbeitsleben. Schneider Hohengehren: Baltmannsweiler, 42-62.
- Lumpe, A. (2002). Gestaltungswille, Selbstständigkeit und Eigeninitiative als wichtige Zielperspektiven schulischer Berufsorientierung. In J. Schudy (Hrsg.), Berufsorientierung in der Schule. Grundlagen und Praxisbeispiele. Rieden: Klinkhardt, 107-124.
- Schlömer, T. (2011). Dimensionen einer Berufsbildung für nachhaltiges Wirtschaften. In Mertineit, K.-D., Steenblock, W. (Hrsg.). Die BBS Friedenstraße auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung. Schneider: Hohengehren, 133-140.

ChemOL²

Universität Oldenburg

Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11 | 26129 Oldenburg | Niedersachsen



Kontakt: Rabea Wirth, Verena Pietzner

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KB}

Klassenstufen und Schulart(en): Klassen 7–10 der allgemeinbildenden Schulen

Fachrichtung: Chemie

Angebot für: Ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 3,5 Stunden

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Einblick in die Berufswelt des Umweltschutzes

Aspirin & Co – Medikamenten-Rückstände im Wasser

Theoretischer Hintergrund

Das Thema Umweltschutz hat in unserer Gesellschaft einen hohen Stellenwert. Es ist daher essentiell auf bestehende Umweltprobleme und deren Folgen aufmerksam zu machen und frühzeitig in die naturwissenschaftlich-technische Bildung von Schülern zu integrieren. Das EcoLab wurde 2015 gegründet und ist Bestandteil von NaWiTex – den naturwissenschaftlich-technischen Schülerlaboren an der Technischen Hochschule Wildau (THWi) bei Berlin. Bei diesem Schülerlabor steht das fachübergreifende Thema Umweltschutz im Fokus und nicht so sehr einzelne Fachdisziplinen. Die Herausforderung liegt darin, insbesondere junge Menschen auf Fragen der Interaktion zwischen Mensch und Umwelt aufmerksam zu machen, sie für die schädigende Wirkung von neuen Technologieentwicklungen auf die Umwelt zu sensibilisieren und sie gleichzeitig für interdisziplinäre Problemlösungen zu begeistern. Dies bietet mögliche Ansatzpunkte, wissenschaftlich-technische Entwicklungen künftig besser mit den Rahmenbedingungen für eine intakte Umwelt zu kombinieren. Die heutigen Umweltprobleme basieren zum Großteil auf sehr komplexen Zusammenhängen. Daher ist die Kooperation unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen zur Entwicklung von Lösungsstrategien notwendig. Beispielsweise wurden bei routinemäßig durchgeführten Wasseranalysen geringe Mengen an Medikamenten-Rückstände im Trinkwasser festgestellt (UBA, 2014). Es geht einerseits darum, die Wirkung dieser Rückstände auf das Ökosystem zu untersuchen. Zum anderen können spezifische Sensoren entwickelt werden, die Analytik systematisch zu vereinfachen. Schließlich müssen effektive Verfahren entwickelt werden, die die Medikamenten-Rückstände aus dem Wasser entfernen – begleitet von Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags dieser

Stoffe. Trotz zum Teil großer Komplexität gliedert sich die Herangehensweise an Umweltprobleme grundlegend in drei Stufen: (1) Identifizierung des Problems, (2) Analyse der Problemstellung und (3) Entwicklung von speziellen oder modellhaften Lösungsstrategien. Das Konzept des EcoLabs setzt genau dort an, in dem es an realen Beispielen aufklärt, eigene Schülerarbeit ermöglicht und zudem berufliche Perspektiven aufzeigt.

Wasseranalytik-Modul

Das hier vorgestellte umweltschutztechnische Labormodul soll grundsätzlich zur Vermittlung von Umweltbildung beitragen und praxisorientierte Lösungsansätze vermitteln. Hierbei gibt es auch verschiedene Schnittmöglichkeiten zu Studiengängen der THWi insbesondere zur Biosystemtechnik/Bioinformatik.

Dazu wurden drei verschiedene Lerneinheiten für die Sekundarstufe II konzipiert. Zur Vorbereitung des Moduls sollten im Unterricht verschiedene Aspekte des Wasserkreislaufs und der Ökologie wiederholt werden. Darauf aufbauend erfolgt die **1. Lerneinheit**. Diese findet durch einen Schülerlabor-Mitarbeiter im Vorlesungsstil mit Demonstrationscharakter in der Schule statt und dauert ca. 90 Minuten. Folgende Inhalte sollen vermittelt werden: Wasserkreislauf, Trinkwasser, Kläranlagen und Wasseranalytik. Die Festigung der Thematik, auch als Vorbereitung für den experimentellen Teil in der 2. Lerneinheit, erfolgt anhand von Arbeitsblättern, die den Lehrern zur Verfügung gestellt werden. Diese sollen außerdem die Integration des Labormoduls in den Lehrplan der Sekundarstufe II unterstützen. Die Bearbeitung und Auswertung der Arbeitsblätter kann während des Vortrages oder in der nächsten Unterrichtsstunde mit dem Fachlehrer erfolgen.

In der **2. Lerneinheit** wird der experimentelle

Teil als Planspiel mit einem fiktiven Szenario durchgeführt. Die Stadt Burghausen liegt relativ idyllisch an verschiedenen Gewässern. Aufgrund von Verunreinigungen durch Haus-Müll und andere Abfälle ist im Burgener See das Baden verboten. Dennoch wird aus diesem Wasser über verschiedene Arbeitsschritte im Klär- und Wasserwerk wieder sauberes Trinkwasser gewonnen. Das Wasseranalytik-Labor der Stadt hat den Auftrag bekommen, das Wasser des Flusses Burg an verschiedenen Stellen zu untersuchen (Burgener See, Wehranlage, angrenzendes Sumpfgelände, angrenzende Landwirtschaft, Ausfluss vom Klärwerk). Um eine objektive Untersuchung zu gewährleisten, werden die Proben mit einer Buchstaben-Zahlen-Kombination kodiert. Nur der Laborleiter kennt die richtige Reihenfolge. Die Schüler schlüpfen in die Rolle der Wissenschaftler im Analytik-Labor. Sie sollen die Wasserqualität der Wasserproben untersuchen und verschiedene Reinigungsverfahren testen. Darüber hinaus sollen sie der Fragestellung nachgehen, ob sich mit den verwendeten Verfahren Medikamenten-Rückstände aus den Wasserproben entfernen lassen.

Zunächst sollen die Schüler ihre entsprechende Wasserprobe analysieren. Hierfür stehen ihnen verschiedene nasschemische und sensorische Verfahren zur Verfügung. Dies ermöglicht die Konzentration verschiedener Salze (z.B. Nitrat, Nitrit, Chlorid, Phosphor, u.a.) oder Eigenschaften des Wassers (wie den pH-Wert oder die Leitfähigkeit) zu ermitteln und anhand von Referenzwerten zu bewerten. Ein weiterer wichtiger Untersuchungsparameter ist der qualitative Nachweis von zwei Wirkstoffen – Para-(Acetylamino)phenol (Paracetamol) und Acetylsalicylsäure (z.B. in Aspirin®). Diese sollen stellvertretend für den Nachweis von Medikamenten-Rückständen in Gewässern dienen. Zur qualitativen Untersuchung werden Positiv- und Negativkontrollen verwendet. Für die Positivkontrollen wird jeweils 1 Tablette in 30 ml destilliertem Wasser aufgelöst und für die verschiedenen Gruppen aufgeteilt. Beim Aspirin handelt es sich um eine Carbonsäure, beim Paracetamol um ein phenolisches Säureamid und ein Phenol. Carbonsäuren wirken stärker sauer als Phenole. Daher reagiert Aspirin in der wässrigen Lösung stark sauer, Para-

Abb. 1: Ergebnis der Wasser-Analyse für verschiedener Salze mit Hilfe von Teststreifen.





Abb. 2: Schüler bei der Bestimmung des pH-Wertes der fiktiven Wasserprobe

acetamol hingegen fast neutral. Strukturell handelt es sich bei Aspirin um ein verdecktes (da verestert), bei Paracetamol um ein offenes Phenol. Eisen(III) reagiert mit Phenolen zu blau bis violetten komplexen Farbstoffen, sodass diese Reaktion als qualitativer Nachweis genutzt werden kann. Gibt man einige Tropfen einer 5%igen Eisen-(III)-chloridlösung zu beiden Positivkontrollen, bildet sich bei Paracetamol ein violetter bis tiefblauer Komplex. Bei Aspirin hingegen kommt es zu keiner Komplexbildung und nur einer leichter Gelb-Färbung der Lösung.

Nach dieser ersten Analyse erfolgt die Reinigung. Hierbei sollen die verschiedenen Schritte in einer Kläranlage simuliert werden. Dazu führen die Schüler zunächst die mechanische, chemische und physikalische Reinigung einzeln durch und sammeln ihr Filtrate. Als Reinigungsverfahren dienen z.B. Papierfiltration, Fällungsreaktionen, Aufkochen der Proben, sowie die Inkubation mit Aktivkohle. Anschließend werden alle Reinigungsschritte nacheinander durchgeführt und ebenfalls das Filtrat gesammelt. Die Analyse zu Beginn wird anschließend mit allen vier Filtraten wiederholt. Die verschiedenen Mess-Parameter werden von den Schülern protokolliert und ausgewertet. Dies soll u. a. zeigen,

welche Stoffe bei welchem Reinigungsverfahren entfernt oder verringert werden können. Insbesondere bei den Medikamenten-Rückständen lässt sich zeigen, dass sich trotz einer ähnlichen chemischen Struktur mit der Gesamtreinigung Paracetamol als Komplex gut entfernen lässt. Wohingegen Aspirin noch immer nachweisbar ist. Die Schüler sollen außerdem anhand ihrer Messwerte innerhalb der Gruppe diskutieren, welches Reinigungsverfahren am effektivsten ist und um welche Wasserprobe aus dem oben beschriebenen Szenario es sich dabei handeln könnte. Bei der abschließenden Auswertung stellen alle Gruppen ihre Ergebnisse vor.

Diese Auswertung der gewonnenen Daten durch die Schüler bildet eine wichtige Grundlage für die **3. Lerneinheit**, die sich der Interpretation der Analysen und deren Schlussfolgerungen widmet. Diese findet wieder in der Schule statt und wird durch den Fachlehrer durchgeführt. Darüber hinaus sollen die Schüler Arbeitsblätter bearbeiten, die die verschiedenen Reinigungsschritte nochmal wiederholen und Anregungen geben, wie Medikamenten-Rückstände nachhaltig zu vermeiden sind.

Fazit

Im vorgestellten Labormodul des EcoLabs werden modellhaft Umweltthemen in Form von Experimenten bearbeitet. Kennzeichnend sind hierbei das Aufzeigen von Problemen und die angeleitete Suche nach Problemlösungen. Dabei werden auch Phasen der selbstständigen und kreativen Laborarbeit angeboten.

Diese intensivisierte Auseinandersetzung mit dem Thema soll dazu führen, dass sich ein nachhaltiges Interesse bei den Schülern ausbildet. So bestehen weitere Möglichkeiten für die Schüler sich im Rahmen einer Facharbeit mit dem Thema auseinanderzusetzen oder im Rahmen von „Jugend forscht“ einem eigenen Thema experimentell nachzugehen. Beide Formen des selbstständigen Arbeitens werden ebenfalls durch das EcoLab unterstützt.

Außerdem soll Lehrern in Fortbildungen vermittelt werden, wie die Schülerkurse in den Schul-

unterricht integriert werden können. Somit soll nachhaltig die Vermittlung von technisch-naturwissenschaftlichen Umweltaspekten gewährleistet werden. Insgesamt sollen im EcoLab junge Menschen anhand konkreter Beispiele auf bestehende Umweltprobleme hingewiesen werden, es sollen mit ihnen zusammen Analyseansätze diskutiert werden und es soll ihnen dadurch die Möglichkeit gegeben werden, modellhafte Lösungskonzepte zu entwickeln. Mit Hilfe der eingesetzten Techniken soll die Notwendigkeit einer Vernetzung von verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen aufgezeigt werden, die für eine nachhaltige Umweltentlastung erforderlich sind.

Literatur

■ UBA – Umweltbundesamt (2014). Arzneimittel in der Umwelt – vermeiden, reduzieren, überwachen, April 2014.



Abb. 3: Eine Schülerin filtert die fiktive Wasserprobe nach der Inkubation mit Aktivkohle über einen Papierfilter

(Fotos: Maximilian Steinhoff)

EcoLab (NaWiTex-Schülerlabor)

Technische Hochschule Wildau,
Institut für Angewandte Biowissenschaften
Hochschulring 1 | 15745 Wildau | Brandenburg

Kontakt: Dr. Anke Renger, Prof. Dr. Fred Lisdat

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFWB}

Klassenstufen und Schulart(en): Sek II, bei Bedarf auch Sek I möglich

Fachrichtungen: Chemie, Biologie

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen, einzelne Interessierte

Zeitaufwand: ca. 4,5 Stunden

Didaktische Methoden: ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Einblicke in die Berufswelt ● Szenariotechnik



„Prima Klima!?“

Wetter ist ein Thema, das jeden interessiert. Unter Klima versteht man die langfristige globale Wetterentwicklung. Die schnelle Erwärmung der Erdatmosphäre in den letzten 50 Jahren um etwa 2°C hat nicht nur Politiker wach gerüttelt. 1992 wurde mit der Klimarahmenkonvention von Rio de Janeiro der erste internationale Vertrag beschlossen, der den Klimawandel als ernstes Problem bezeichnet und die Staatengemeinschaft zum Handeln verpflichtet. In jährlichen (Welt)Klimakonferenzen wird die Klimaveränderung als globale Aufgabe thematisiert. In Kyoto wurden 1997 erstmals verbindliche Ziele für die Kohlenstoffdioxidemissionsmengen der Industrieländer international festgelegt. Seitdem hat es viel Uneinigkeit und wenig Fortschritte gegeben.

Erforschung des Klimawandels und Maßnahmen zu ergreifen, die unser Klima erhalten, sind auch Aufgabe der Nachhaltigen Chemie, die sich für die Nutzung regenerierbarer Stoffe, für effiziente Stoffnutzung, sauberes Wasser, Reinhaltung der Luft, für Recycling, Umweltschutz und Gesundheit einsetzt. Nachhaltigkeit in der Chemie und das Aufhalten der Klimakatastrophe sind zukunftsorientierte Themen, die Jugendliche interessieren sollten. Der Workshop „Prima Klima!“ des Deutschen Museums Bonn greift als Aspekte der Nachhaltigen Chemie die Themen Energie, Umweltschutz, Recycling und Ressourcenschonung auf. Die Experimente sind eng gekoppelt an den Besuch von Museumsexponaten wie dem ersten Gaschromatographen, der Ozonsonde oder dem energieautarken Solarhaus in Freiburg. Erst der Austausch der arbeitsteiligen Ergebnisse führt zu einem Gesamtbild, was Nachhaltigkeit bedeutet.

Ablauf des Workshops

In einer Einführung werden folgende Begriffe erarbeitet: Klimafaktoren, Klimaveränderung, Weltklimakonferenzen, Treibhauseffekt und Treibhausgase, zu denen neben Wasser und Kohlenstoffdioxid

auch Methan, Distickstoffoxid, FCKW, Ozon gehören. Danach bearbeiten die Schülerinnen und Schüler in Zweier- oder Dreiergruppen jeweils einen der vier Themenbereiche Kohlenstoffdioxid, Wasser, Energie bzw. Umweltschutz. Sie lesen die Experimentieranleitungen, bearbeiten zwei Experimente des ausgewählten Themenbereiches, beobachten und füllen beim ersten Experiment einen Protokollbogen aus, an Hand dessen sie ihre Ergebnisse in der zusammenfassenden Phase vortragen. Der Protokollbogen umfasst die Fragen:

Was haben wir gemacht?

Was haben wir beobachtet?

Was lernen wir daraus?

Was hat das mit „Prima Klima!“ zu tun?

In der folgenden Plenumsphase informieren sich die Schüler gegenseitig über die Experimente, da jeder nur ein Viertel aller Experimente durchgeführt hat. Für das Thema relevante Informationen können sie dabei der Rückseite der Versuchsanleitungen entnehmen.

Experimente

Zu jedem Unterthema gehören drei Experimente, von denen in jedem Workshop zwei durchgeführt werden, in der Regel die beiden erstgenannten.

1. Kohlenstoffdioxid, ein Treibhausgas

1.1 Mit Hilfe von Kalkwasser wird Kohlenstoffdioxid in der Umgebungsluft und der Ausatemungsluft eines Schülers nachgewiesen. Bei der Ausatemungsluft ist die Trübung wegen des höheren Kohlenstoffdioxidgehaltes stärker, es fällt Calciumcarbonat aus. Die Schüler erkennen, dass im menschlichen Körper Kohlenstoffdioxid entsteht, und können auf die Oxidation einer Kohlenstoffverbindung schließen. Das Experiment ist Teil des natürlichen Kohlenstoffdioxidkreislaufes, dessen anderer Teil die Photosynthese ist.

1.2 Kohlenstoffdioxid kommt in gebundener Form

als Feststoff in Carbonaten und Hydrogencarbonaten vor. Aus diesen kann es durch Erhitzen freigesetzt werden wie beim Vulkanismus und beim Backen. Im Versuch wird es mit Hilfe von Essigsäure aus Eierschalen, Marmor, Muschelschalen, Backpulver freigesetzt. Am Beispiel des Marmors wird der zweite Kohlenstoffdioxidkreislauf aufgezeigt: Kalkbrennen, Kalklöschchen, Abbinden von Kalkmörtel. Die Muschelschalen verweisen darauf, dass eine Menge Kohlenstoffdioxid im Meerwasser in gelöster Form enthalten sein muss.

1.3 Ozeane regulieren die Kohlenstoffdioxidmengen der Luft, indem sie dieses Gas aufnehmen. Die Aufnahmemenge ist bei Erwärmung geringer. Im Versuch wird Sprudel mit Rotkohlsaft versetzt. Beim Erhitzen ändern sich die Farbigkeit und damit der pH-Wert. Die Schüler erkennen, dass chemische Reaktionen stattfinden, die zunächst zu einer Erniedrigung des pH-Wertes führen, nach Sieden zu einer Erhöhung. Sie lernen, dass dem zunehmenden Treibhauseffekt nur durch Emissionsreduktion und Verhinderung der weiteren Erhöhung der Durchschnittstemperatur entgegengewirkt werden kann.

2. Wasser, ein Treibhausgas, ein Stoff mit besonderen Eigenschaften

2.1 Das Thema Wasser hängt mit dem Thema Klima eng zusammen, da Wolkenbildung und Regen den Wasserkreislauf darstellen, Meereswasser als Wärmespeicher fungiert und Meeresströmungen unser Klima mitbestimmen. Wasser wird in einem Becherglas zum Sieden erhitzt und ein mit Eis gefülltes kleineres Becherglas in die Wasserdampf Atmosphäre gehalten. Kondensieren des Wasserdampfes und Bildung von Wassertropfen ist zu beobachten. Die konstante Siedetemperatur zeigt an, dass Wasserdampf energiereich ist (Dampfmaschine, Dampflokomotive).

2.2 Das Leben auf der Erde ist nur durch die besonderen Eigenschaften von Wasser möglich. Dazu gehört die Oberflächenspannung. Vorsichtig wird eine Büroklammer auf die Wasseroberfläche gelegt. Die



Versuchsvorbereitung

Büroklammer schwimmt, da die Wasserteilchen ein zusammenhängendes Netz bilden, welches auch für die Tropfenbildung verantwortlich ist. Zugabe eines Tensids lässt die Büroklammer sinken, da die Oberflächenspannung durch das Tensid zerstört wird.

2.3 Eine ganz besondere Eigenschaft von Wasser ist das Dichtemaximum bei 4°C, wodurch Eis in Wasser schwimmt. Mit dem Wissen, dass 1/7 aus dem Wasser herausragt, lässt sich die Dichte von Eis berechnen (0,92 g/cm³). Ein großes Stück Eis schwimmt in einem randvoll gefüllten Glasgefäß. Was geschieht, wenn das Eis schmilzt? Das Experiment dient zur Verifikation bzw. Falsifikation einer von den Schülern selbst erstellten Hypothese.

3. Energie: Umwandlung, Speicherung, Einsparung

3.1 Energie kann nicht hergestellt werden und geht auch nicht verloren. Sie ist in unterschiedlicher Form vorhanden und die verschiedenen Formen können ineinander umgewandelt werden; wenn für den Menschen besser nutzbare Energie entsteht, spricht man von Energiegewinnung. Im Versuch wird chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Dazu stehen als Elektrolyte eine Zitrone, ein Apfel, eine Kartoffel, Salzwasser bzw. Zitronensäurelösung zur Verfügung, außerdem Zink- und Kupfer-Elektroden, Kabel, ein Universalmessinstrument und eine Leuchtdiode. Die Schüler erkennen, dass man zwei verschiedene Metalle und eine den elektrischen Strom leitende Verbindung braucht, um einen Stromfluss zu ermöglichen, und dass sie eine Batterie gebaut haben.

3.2 Als Wärmespeicher lernen die Schüler die Vorgänge in einem Handwärmer kennen und damit besondere Wärmespeicher, in denen die Wärmeaufnahme und die -abgabe reversibel sind. Natriumthiosulfat-Hydrat wird zur Schmelze erhitzt und vorsichtig bis auf ca. 25 °C abgekühlt. Aus dieser unterkühlten, metastabilen Lösung kristallisiert Natriumthiosulfat wieder aus, wenn man die Lösung mit einem Glasstab rührt oder einen Natriumthio-

sulfat-Impfkristall zugibt. Dabei wird die Gitterenergie frei. Chemische Energie wird in Wärmeenergie umgewandelt und umgekehrt.

3.3 Energieeinsparung kann mit Wärmedämmung und Isolierung erreicht werden. Im Experiment stellen die Schüler aus Polystyrolkügelchen durch Erhitzen einen Styroporball her. Styropor wird als Verpackungsmaterial sowie als Dämmstoff im Häuserbau sowie bei Kühlgeräten eingesetzt. Styropor lässt sich gut verarbeiten und in jede Form bringen.

4. Umweltschutz, Begrenztheit der Rohstoffe

4.1 Zur Reinigung und Reinhaltung von Trinkwasser dienen neben Kläranlagen auch die Entwicklung von Filtern und Membranen. Trinkwasser ist ein lebenswichtiger Stoff, dessen Verfügbarkeit begrenzt ist. Im Experiment wird Schmutzwasser durch Aufschlämmen von Gartenerde hergestellt. In mehreren Schritten wird das Wasser gereinigt: durch Sieben, durch Filtrieren, durch Membranfiltration.

4.2 Ressourcenschonung von Rohstoffen erfordert auch immer Recycling. Kunststoffe können wiederverwertet werden, wenn sie sortenrein getrennt werden. Für die Trennung der Kunststoffe Polystyrol, Polyamid, Polypropylen und Polyvinylchlorid kann ihre unterschiedliche Dichte herangezogen werden. Aus dem Schwimmverhalten von Lego-Bausteinen kann auf dessen Kunststoffart geschlossen werden. In der Technik ist dieses Trennungsverfahren als Flotation bekannt. Die Verschmutzung der Weltmeere mit Plastikmüll zeigt die Aktualität und Bedeutung der sinnvollen Wiederverwertung oder Entsorgung von Kunststoffen auf.

4.3 Die Wasserhärte macht eine Aussage über die Menge an Calcium- bzw. Magnesium-Ionen im Wasser. Sprudel mit hohem Calciumgehalt wird tropfenweise mit Schmierseife versetzt. Es fällt ein fester Stoff aus, die Kalkseife. Die Wasserhär-



Der Austausch untereinander und mit den Betreuern ist wesentlicher Bestandteil des Workshops.



Kohlenstoffdioxid-Nachweis

(Fotos: Deutsches Museum Bonn)

te lässt sich quantitativ durch Teststreifen ermitteln. Sie muss bei allen Waschvorgängen reduziert werden. Dazu sind in Waschmitteln Zeolith, Sasil, Triphosphate oder Nitrilotriessigsäure enthalten.

Diese Stoffe sollten möglichst nicht ins Abwasser gelangen, da sie zur Eutrophierung der Gewässer führen bzw. als Komplexbildner Schwermetalle in Lösung bringen.

ExperimentierKüche

Deutsches Museum Bonn
Ahrstraße 45 | 53175 Bonn | Nordrhein-Westfalen

Kontakt: Dr. Andrea Niehaus, Dr. Kirsten Bohnen

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KL}B

Klassenstufen und Schulart(en): 7. bis 9. Klasse, alle Schulformen

Fachrichtungen: Chemie, Alltagschemie, Biologie, Technik

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 1,5 Stunden, danach Besichtigung des Museums möglich

Didaktische Methoden: ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center ● Einblicke in die Berufswelt



Boden – mehr als nur Dreck unter den Füßen

Naturnahes Forschen mit differenzierten Arbeitsaufträgen am Schülerlabor Freilandmobil

Der Boden zählt zu unseren kostbarsten Gütern und dessen Schutz zu den zentralen Themen der Nachhaltigkeit. Boden erfüllt eine Vielzahl von Funktionen, sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht. Er übernimmt existenzielle Funktionen als Lebensraum für Tiere, Pflanzen und Menschen, stellt eine lebensnotwendige Nahrungs- und Rohstoffquelle dar, speichert Wasser und filtert Schadstoffe. Werden die Leistungen des Bodens in ihrer Funktion beeinträchtigt, wird auch unsere Lebensgrundlage geschädigt, teilweise sogar unwiederbringlich zerstört. Die Folgen für Biodiversität, natürliche Umweltprozesse sowie die menschliche Nahrungsversorgung werden leider häufig viel zu spät wahrgenommen.

Schülerlabor Freilandmobil – Ausgangspunkt für naturnahes Experimentieren

Als zentrale Plattform für die Entwicklung, Erprobung und dauerhafte Implementierung von Lerneinheiten im Kontext einer MINT-Umweltbildung dient das Schülerlabor „Freilandmobil“ (Abb. 1). Hierbei handelt es sich um einen restaurierten Zirkuswagen, der zu einem barrierefreien mobilen



Abb. 1: Schülerlabor „Freilandmobil“.

Umwelt-Freiland-Schülerlabor umgebaut wurde. Das Freilandmobil ermöglicht Kindern und Jugendlichen in einer authentischen Lernumgebung umwelt- und naturbezogene Themen zu erfahren und experimentell zu erarbeiten. Dies motiviert und befähigt sie zu einer reflexiven Auseinandersetzung mit Fragen zur zukünftigen Gestaltung ihrer Umwelt. Im Sinne sozialer Gerechtigkeit richtet sich das Angebot des Schülerlabors an alle Kinder und Jugendlichen, unabhängig von ihren persönlichen Lernvoraussetzungen (z. B. im Hinblick auf Lesekompetenzen, Wahrnehmung oder Motorik). Dies wird durch speziell ausdifferenzierte Arbeitsmaterialien ermöglicht.

Den inhaltlichen Schwerpunkt der Angebote im Freilandmobil bildet das Thema „Umweltprozesse verstehen“. Dazu werden im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekts „Umweltbildung und Inklusion“, Lerneinheiten für Kinder und Jugendliche vom Kindergartenalter bis zur Sekundarstufe II entwickelt, die nachhaltiges Denken und Handeln zusammenführen. Die interdisziplinäre Erarbeitung der Einheiten erfolgt durch Vertreterinnen und Vertreter aus Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Sonderpädagogik.

Lerneinheit „Bodenfunktionen“ – Entwicklung differenzierter Arbeitsmaterialien

Die Lesebarriere stellt eine besonders hohe Schwelle des Zugangs zu naturwissenschaftlichen Erkenntnissen dar. Auch der Prozess des Experimentierens wird zumeist durch schriftlastige Arbeitsanweisungen angeleitet, von Kontext, Fragestellung und Hypothese, über Materialien und Durchführung, bis hin zu Beobachtung und Deutung. Für Kinder und Jugendliche mit eingeschränkten Lesekompetenzen stellen unbekannte Begriffe, komplexe

Satzmuster und eine hohe Dichte an Informationen schwer oder gar nicht überwindbare Hürden dar. Die daraus resultierende Notwendigkeit, Informationen zu vereinfachen, kann in einem abgestuften System erfolgen (Scholz et al., 2016):

- Textliche Vereinfachung mit Hilfe der Regeln Leichter Sprache (z.B. einfache Sätze, Wörter) und Lesbarkeitsindizes
- Text- bzw. schriftunterstützende Vereinfachung durch die Ergänzung von Bildern und Symbolen bei Schlüsselbegriffen
- Text- bzw. schriftersetzende Vereinfachung mit Hilfe einer schrittweisen Darstellung von Fotos und kombinierten Symbolen bzw. Videosequenzen.

Anhand eines Versuchs aus der Lerneinheit zum Thema „Bodenfunktionen“ wird nachfolgend exemplarisch aufgezeigt, wie Materialien zum Experimentieren für ein inklusives Angebot erstellt werden können. Ziel der Lerneinheit ist es, dass sich die Kinder und Jugendlichen ausgewählte Funktionen des Bodens erarbeiten und so hautnah erleben, wie diese durch intensive menschliche Nutzung negativ beeinflusst und zerstört werden können. Dazu werden Filter- und Speicherfunktion in verschiedenen selbst durchführbaren Experimenten mit alltagstauglichen Materialien auf einfache Art und Weise wirkungsvoll veranschaulicht. Im Ergebnis werden Maßnahmen zum Schutz des Bodens praktisch erlebbar.

Der Boden als Filter – Modellexperiment zur Gefährdung des Grundwassers

Eine existenziell wichtige Bodenfunktion für den Schutz unseres Grundwassers beruht auf der Fähigkeit des Bodens, chemische Elemente und Verbindungen zu filtern. So werden während der Tiefenverlagerung Schadstoffe, die giftig oder toxisch wirken können, an Humus- und Tonpartikeln gebunden und so ähnlich einem Sieb im Porensystem des Bodens zurück gehalten. Dadurch können schädliche Bestandteile nicht ins Grundwasser gelangen und somit unser Trinkwasser belasten.

Ob und wie stark Schadstoffe im Boden aufgenommen werden, hängt vor allem von ihrer Wasserlöslichkeit ab. Schlecht wasserlösliche Substanzen werden relativ rasch von verschiedenen Bodenbestandteilen, wie vor allem Humus, Tonteilchen und Oxiden aufgenommen. Stark wasserlösliche Waschmittel setzen dagegen die Oberflächenspannung des Wassers herab und erhöhen so die Löslichkeit schädlicher Stoffe, die auf diese Weise tief in den Boden gelangen und ins Grundwasser ausgewaschen werden. Die Filterfunktion des Bodens kann also durch den menschlichen Einfluss von Waschmittelabwasser geschädigt werden. Der Versuch „Boden als Filter“ verdeutlicht auf einfache Weise zum einen die Filterwirkung des Bodens, zum anderen die Folgen der Zerstörung dieser Funktion durch tensidhaltiges Abwasser (Jahnel et al., 2014). Zwei im Vorfeld waagrecht durchtrennte Plastikflaschen werden in der Funktion von Trichtern ineinander gestellt und jeweils mit der gleichen Menge indigoversetztem Sand befüllt. Das Indigo steht symbolisch für einen in den Boden eingetragenen Schadstoff. Nun werden zwei mit derselben Menge Wasser gefüllte Gläser bereit gestellt. In eines der beiden Gläser werden zusätzlich einige Tropfen Spülmittel hinzu gegeben, die tensidhaltiges Abwasser darstellen sollen. Anschließend wird das Wasser aus den zwei Gläsern gleichzeitig in jeweils einen Trichter mit Sand gegossen.



Abb. 2: Experimentieren mit dem Versuch „Boden als Filter“.

Die Experimentierenden können nun beobachten, dass sich der Flaschenboden unter dem Trichter mit reinem Wasser mit wenig indigogefärbten Wasser füllt. Der Flaschenboden unter dem Trichter mit Spülmittelwasser füllt sich dagegen mit tief blauem Wasser, da die Farbe ausgespült wurde (Abb. 2). Während im einen Fall der Schadstoff durch eine wirksame Filterfunktion des Bodens nicht ausgeschwemmt wird, ist im zweiten Fall diese Funktion durch tensidhaltiges Wasser gestört. Die Schadstoffe gelangen bis ins Grundwasser und belasten dadurch unser Trinkwasser. Zum Versuch „Boden als Filter“ wurden Anleitungen für unterschiedliche Grade der Zugangsbarriere „Lesekompetenz“ entwickelt: Standardsprache, Vereinfachte Sprache, Symbolunterstützung; Symbolschrift, Fotografischer Handlungsablauf und Video (Abb. 3). Der Aufbau folgte jeweils in einzelnen Schritten für die Inhaltsblöcke „Du brauchst“ und „Das musst du machen“.

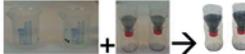
Aus der Anleitung zum Versuch „Boden als Filter“	
 Standardsprache	Nun gießt das saubere Wasser über den einen Trichter und das Spülmittelwasser über den anderen Trichter.
 Vereinfachte Sprache	Gieße das Wasser über den Sand.
 Symbolunterstützung	 Gieße das Wasser über den Sand.
 Symbolschrift	
 Fotografischer Handlungsablauf	
 Video	

Abb. 3: Differenzierte Lesestufen

Nach Pfeifer, Lutz & Bader (2002) besteht generell „ein direkter Zusammenhang zwischen der visuellen Wahrnehmung und den anschließend ablaufenden Denk- und Lernprozessen“ (Pfeifer et al., 2002). Daher wurde bei der Gestaltung der Versuchsanleitungen großes Augenmerk auf ein klares und übersichtliches Layout gelegt (vgl. Abb. 4). Alle vereinfachten Lesestufen sind in einer Druckschrift



Abb. 4: Materialliste der Lesestufe „Fotografischer Handlungsablauf“



Abb. 5: Handlungsschritt der Lesestufe „Fotografischer Handlungsablauf“

für Leseanfänger gesetzt. Für die Lesestufen Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf wurden eigene Fotos der Versuchsdurchführung erstellt (vgl. Abb. 5). Zur Hypothesenbildung beziehungsweise alternativ zur Sicherung der Beobachtung bieten sich ebenfalls fotografische Darstellungen an (vgl. Abb. 6).

Erkenntnisse aus der Erprobung der Arbeitsmaterialien

Eine Erprobung der differenzierten Arbeitsmaterialien mit Kindern unterschiedlicher Förderschulklassen hat die Frage in den Mittelpunkt gerückt: „Wie gut eignen sich Material und Versuche für eine möglichst selbstständige Erarbeitung?“ Die Ergebnisse zeigen, dass die differenzierten Materialien für unterschiedliche Aneignungsniveaus eine wertvolle Unterstützung zum selbstständigen Experimentieren darstellten und sehr gut angenommen

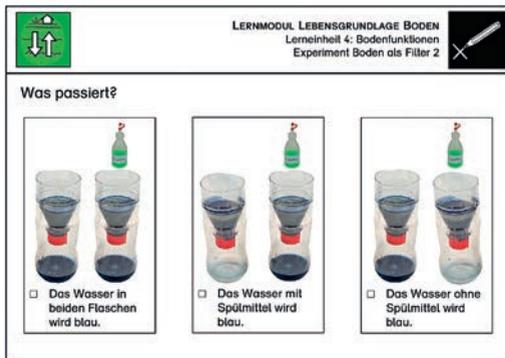


Abb. 6: Hypothesenbildung mit Hilfe fotografischer Darstellungen. (Fotos: Freilandmobil)

wurden. Allerdings führten bereits kleinste Designfehler des Materials zu Schwierigkeiten bei der Umsetzung. Abfolgen zu vieler Schritte, aber auch zu große Sprünge, unklare Begriffe, Symbole oder Bilder konnten zu Fragen beim Experimentieren führen. Alle Erkenntnisse der Erprobung gingen in die Weiterentwicklung des Arbeitsmaterials mit ein. So wurden teilweise Begriffe und Abbildungen verändert oder aber das Layout übersichtlicher ge-

staltet. Im Ergebnis entstanden empirisch geprüfte und angepasste Arbeitsmaterialien für heterogene Lerngruppen, die für verschiedenste Aneignungsniveaus ein hilfreiches Unterstützungsangebot bilden (Risch et al., 2017).

Literatur

- Jähnel, C., Schaumann, G. E., & Risch, B. (2014). Umweltbelastung durch Waschmittel–Ein Modellexperiment zur Gefährdung des Grundwassers. In: CHEMKON, 21(3), S. 135-137.
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie (3., neubearbeitete Aufl.). Oldenbourg (München).
- Risch, B., Dechant, C., Dönges, C., Köppen, K., Schaumann, G. & Scholz, M. (2017). Den Boden aufbereiten – Didaktische Anforderungen an differenzierte Lernmaterialien. In: Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 162, (eingereicht).
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C. Endres, A. (2016). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 67 (10), S. 454-464.

Freilandmobil

AG Chemedidaktik der Universität Koblenz-Landau
Fortstraße 7 | 76829 Landau | Rheinland-Pfalz



Kontakt: Prof. Dr. Björn Risch

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KLM}

Klassenstufen und Schulart(en): Kinder und Jugendliche mit unterschiedlichsten Lernvoraussetzungen zwischen Kindergartenalter und Sekundarstufe II sämtlicher Schularten

Fachrichtungen: Chemie, Physik, Biologie, Geowissenschaften

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 90 Minuten

Didaktische Methoden: ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt

Energiewende in Schülerhände

Ziel der „Energiewende“ in Deutschland ist eine nachhaltige Energieversorgung mit erneuerbaren Energien. Durch die Reaktorkatastrophe in Fukushima, Japan im Jahr 2011 rückte insbesondere die Nutzung der Kernenergie in den Fokus der öffentlichen Diskussion. Dieser Nuklearunfall in Fukushima führte zu einem Umdenken in der deutschen Politik. Seitdem hat der Ausstieg aus der Kernenergie Priorität. Innerhalb kürzester Zeit wurden in Deutschland acht Kernreaktoren vom Netz getrennt und abgeschaltet. Anschließend beschloss die Bundesregierung den vollständigen Ausstieg aus der Kernenergie bis zum Jahr 2022. Die weitergehenden

Ziele der Energiewende, Klimaschutz, Energieeffizienz und der Ausbau der erneuerbaren Energien, wurden bekräftigt.

Neben der Kernenergie liegen die Schwerpunkte der öffentlichen Diskussion derzeit auf der Erzeugung, dem Transport und der Nutzung von Strom. Noch wenig Beachtung findet die Speicherung von Energie. Dazu gehören Fragestellungen, wie: Was wird mit der über Photovoltaik erzeugten Energie gemacht, wenn sie am wenigsten gebraucht wird?

Die Notwendigkeit, auf die Energiegewinnung durch Verbrennung von fossilen Rohstoffen zu verzichten, ist seit längerem bekannt. Durch Krisen,



Mit Solarenergie wird ein kleiner Ventilator betrieben.

wie die Ölkrise in den siebziger Jahren, rückt die alternative Energiegewinnung stets nur kurzzeitig in den Fokus der Politik. Sobald eine Beruhigung der Lage eingetreten ist, treten die Bemühungen um die Nutzung erneuerbarer Energien wieder in den Hintergrund.

Doch nun sind die globalen Umweltveränderungen nicht mehr übersehbar. Bei den größten globalen Problemen steht der Klimawandel mit folgenschweren Umweltkatastrophen auf Platz eins, eng verknüpft mit der Energiekrise. Danach folgen Gewässer-, Boden- und Luftverschmutzung sowie Wassermangel, Welthunger Lärm und Müll. Das Zeitalter der erneuerbaren Energien muss so schnell wie möglich beginnen.

Um die Energiewende umzusetzen, braucht man die Unterstützung und das Verständnis aller Bürger. Dazu ist es unabdingbar, einen mündigen Bürger zu schaffen, der Pläne, Ideen und Konzepte der Energiewende bewerten, verstehen und mittragen kann. Ein guter Ansatzpunkt sind hier Schülerinnen und Schüler. Der folgenden Generation muss von Anfang an eine Wissens- und Diskussionsfähigkeit vermittelt werden, die es ihnen ermöglicht, zu verstehen, was die Energiewende bedeutet und welchen Fortschritt diese bringt. Darüber hinaus dienen die Schüler und Schülerinnen als Multiplikatoren hinein in die Familien und Elternhäuser.

Das Gläserne Labor möchte Schülerinnen und Schüler der Oberschulen in Berlin und Brandenburg erreichen und sie im Bereich der Energiewende bilden. Dabei stehen Fragen wie diese im Mittelpunkt: Wie weit ist der Ausbau der erneuerbaren Energie bereits? Welche Netze sind für den Ausbau nötig? Wie weit ist die Forschung mit den Verfahren der Energiespeicherung? Wie kann der Ausstieg aus der Kernkraft umgesetzt werden? Wo kann noch Energie gespart werden? Wie können die Wirkungsgrade noch erhöht werden? Wie weit ist die Autoindustrie mit der Entwicklung und Realisierung von Elektroautos?

Schülerinnen und Schüler fällt es schwer, den Begriff Energie zu erörtern, von anderen wichtigen

Begriffen zu unterscheiden, und in Kontexten ziel führend bzw. passend zu verwenden. Daher wollen wir mit unserem Angebot die Bedeutung des Begriffs innerhalb der Natur, Technik, Gesellschaft und Wissenschaft an exemplarischen Beispielen beleuchten. Es sollen neben qualitativen Betrachtungen natürlich auch quantitative Untersuchungen ermöglicht werden.

Darüber hinaus wird die Verbindung zur Abfallwirtschaft dargestellt. Wie kann Abfall sinnvoll genutzt werden und sogar zur Energieversorgung beitragen? Eine der größten Herausforderungen sind die anfallenden Kunststoffabfälle. Wie kann die stetig wachsende Menge an Kunststoffabfällen sinnvoll genutzt werden? Wie kann man den Kunststoffverbrauch reduzieren oder sogar ganz vermeiden? Auch auf diesem Gebiet sollen die Schüler eine Wissens- und Mündigkeitskompetenz erlangen. Vermeidung statt Problemverschiebung (bzw. Bekämpfung der Symptome) soll für die Schülerinnen und Schüler zur Selbstverständlichkeit werden. Mit diesem Angebot hoffen wir, dem Ziel ein Stück näher zu kommen und einen wichtigen Beitrag für die Gesellschaft zu leisten.

Wie kann das Thema für Schülerinnen und Schüler interessant gestaltet werden?

In unserem neuen vierstündigen Kurs lernen die Schülerinnen und Schüler viele Aspekte dieses technisch anspruchsvollen Themas praktisch und anschaulich an verschiedenen Experimentierstationen kennen. An Beispielen aus dem Alltag kann rechnergestützt eine Energiebilanz erstellt werden, die Brennstoffzelle lädt das Handy auf und hochmoderne Goldkondensatoren speichern Wind- und Sonnenenergie für coole Fahrzeuge. Zusätzliche erhalten die Schülerinnen und Schüler Einblicke in die Berufswelt.

Versuchsstation 1: Wasserstoff und die klassische Brennstoffzelle

Die Schüler bauen eine Brennstoffzelle zusammen und nutzen verschiedene Energiequellen, um ein

Handy aufzuladen. Hier lernen sie neben den physikalischen Vorgängen, dass Wasserstoff bei sachgemäßem Umgang ungefährlich ist und bauen Vorurteile ab.

Versuchsstation 2: Lithium-Ionen-Akkumulator

Hier lernen die Schüler den Aufbau dieses modernen Energiespeichers kennen und nutzen die Akkus für eine Wettfahrt mit Modellautos.

Versuchsstation 3: Superkondensator (Goldcap)

Dieser Kondensator wird unter anderem in Rennautos genutzt, um die Bremsenergie zu speichern. Die Schüler nehmen verschiedene Messwerte (Spannung, Stromstärke, Last, Widerstand) auf.

Versuchsstation 4: Die Biobrennstoffzelle

Die Schüler bauen eine Brennstoffzelle, die mit Hilfe von Hefezellen und einer Redoxreaktion betrieben wird.

Versuchsstation 5: Biogasgewinnung aus Biomüll

An dieser Station messen die Schüler, wieviel Energie sie mit einer bestimmten Menge Biomüll in Form von Gas gewinnen können.

Versuchsstation 6: Die Energiebilanz

Die Schüler geben verschiedenen Verbrauchslastwerte am PC ein und beobachten die Auswirkungen auf ein Modellstromnetz.

Versuchsstation 7: Mikrokunststoffe gefährden die Weltmeere

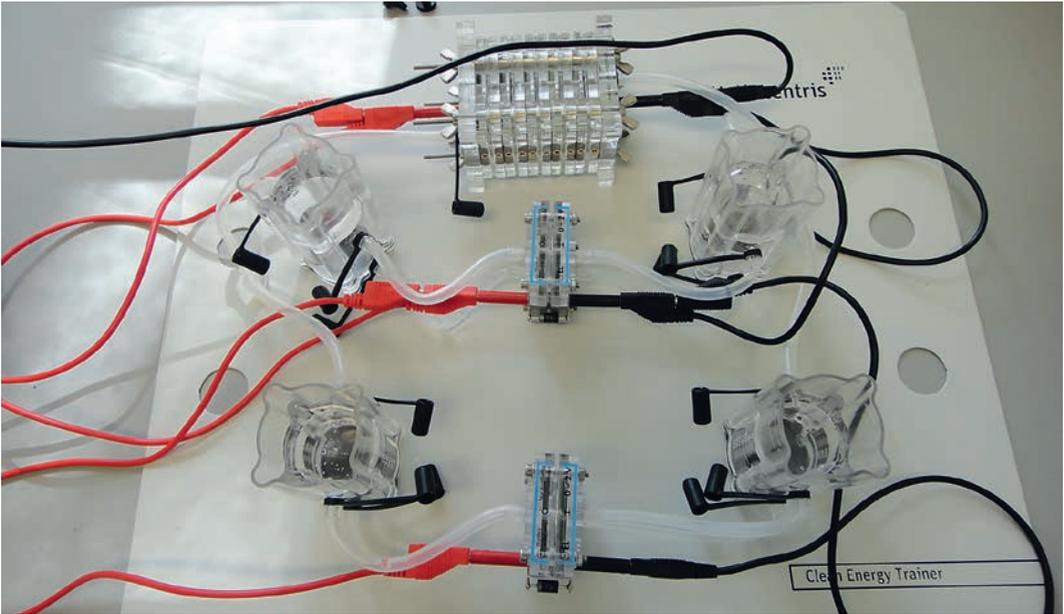
Ein weiterer wichtiger Aspekt der Energiewende ist die Vermeidung von erdölbasierten Kunststoffabfällen. An dieser Station können die Schüler selbst Kosmetik ohne gefährliche Mikrokunststoffe herstellen.

Versuchsstation 8: Rollenspiel

Hier schlüpfen die Schüler in die Rolle unterschiedlicher Akteure wie Stromanbieter, Vertreter des Naturschutzbundes, Solaranbieter, Bürgermeister und Endverbraucher.



Hier wird eine Biobrennstoffzelle aufgebaut.



Elektrolyseur und Brennstoffzelle.

(Fotos: Gläsernes Labor)

Gläsernes Labor

BBB Management GmbH
Robert-Rössle-Str. 10 | 13125 Berlin | Berlin



Kontakt: Claudia Jacob

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KB}

Klassenstufen und Schular(en): ab 8. Klasse bis zur 13. Klasse für alle Schularten, auch für Willkommensklassen

Fachrichtungen: Chemie, Physik

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen, einzelne Interessierte: zur Langen Nacht der Wissenschaft und für Gruppen per Nachfrage

Zeitaufwand: 4 Stunden

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt
● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center
● Digital Storytelling ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen
● Filme & Comics/Spiele ● Rollenspiel

iNature: Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente

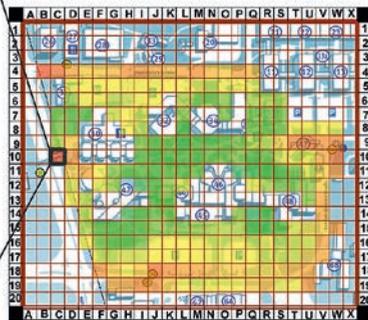
Die zunehmende Technisierung unserer Gesellschaft bringt neben vielen Vorteilen ebenso auch Risiken mit sich. Insbesondere bleiben gerade sog. systemische Risiken wie Kernkraft, Lärmbelastung, Luft- und Wasserverschmutzung u. a. auch deshalb unbemerkt, weil unsere menschlichen Sinne solche Einwirkungen oder deren absoluten Ausmaß zum Zeitpunkt der Exposition nicht wahrnehmen bzw. erfassen können. Möglichkeiten zur individuellen, zeit- und ortsunabhängigen Erfassung im Alltag auftretender Umwelteinflüsse spielen deshalb für eine Bildung für Nachhaltige Entwicklung sowie zum Aufbau einer „Scientific Literacy“ im Sinne eines Weges zur gesellschaftlichen Partizipation eine bedeutende Rolle.

Die fehlende Verbindung zwischen individuell auftretenden Umwelteinflüssen und der zeit- und ortsunabhängigen Erfassung kann gerade in den o. g. „unsichtbaren“ Themenbereichen durch den

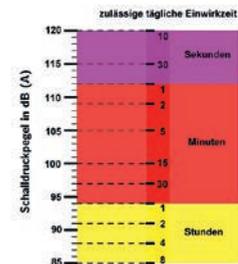
Einsatz von Smartphone und Tablet-PC hergestellt werden. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass mittlerweile gut ein Drittel der Jugendlichen in Deutschland einen Tablet-PC und mehr als 80 % ein Smartphone nutzen. Diese Geräte gehören somit zum alltäglichen Werkzeug speziell der jungen Generation und stehen also zeit- und ortsunabhängig zur Verfügung. Andererseits können Smartphone und Tablet-PC auch vielfältig als kleine, transportable, mobile Messlabore zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht und speziell in der Umweltbildung eingesetzt werden. Dazu sind diese Alltagsmedien bereits mit vielen internen Sensoren ausgestattet (z.B. Mikrofon und Kamera, Beschleunigungs-, Magnetfeldstärke- und teils sogar Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtesensor). Die mit den Sensoren erfassten Daten lassen sich über zugehörige Apps auslesen, was sowohl qualitative als auch quantitative Experimente ermöglicht.



iNoise



Ausschnitt Lageplan TU Kaiserslautern



Experimentiermaterialien zu iNoise.

Diese kleinen, transportablen und mobilen Messlabore können unübersichtliche Versuchsapparaturen ersetzen und sind den Lernenden aus ihrem Alltag gut bekannt. Dadurch kann eine hohe Vertrautheit mit ihrer Bedienung erwartet werden. Anknüpfend an diese Erfahrungen kann somit gerade in naturwissenschaftlich-technischen Bildungsangeboten das Umweltbewusstsein und speziell die experimentelle Untersuchung aktueller Umweltthemen auch im Rahmen forschend-lernender Ansätze gefördert werden. Daraus ergibt sich ein großes Potenzial für den Einsatz neuer digitaler Medien in der Umweltbildung – speziell im Blick auf Jugendliche, die Naturerfahrungen aus eigenen Stücken nicht anstreben würden. Neben der Entwicklung neuer Lehrkonzepte im Bereich Umweltbildung stellt die Lehrerfort- und Lehramtsausbildung ein zweites bisher noch offenes Handlungsfeld dar. Erst wenn Lehrkräfte als Multiplikatoren zur Umsetzung und Vermittlung von Umweltthemen qualifiziert sind, können sie auch im eigenen Unterricht diese Konzepte entsprechend einsetzen.

Gemäß dem nicht zuletzt auch von der DBU festgestellten diesbezüglichen Handlungsbedarf zielt das Projekt „Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente“ auf eine Reduktion der Defizite im Bereich Umweltbildung für Lernende und für Lehrkräfte ab. Aufbauend auf den inhaltlichen und vor allem strukturellen Vorarbeiten der Antragsteller werden dazu modellhaft drei Themenfelder u. a. „Themenfeld 1: iNoise – Untersuchung von Lärm und Lärmschutz“ (Klassenstufe 7/8), bearbeitet. In diesem Projekt werden schulbezogene Smartphone-Experimente zur Umweltbildung für alle

Klassenstufen der Sekundarstufen entwickelt und sowohl in Lehreraus-, fort- und -weiterbildung als auch für Schülerinnen und Schüler aufbereitet. Dieses Themenfeld gehört einerseits den systemischen, „unsichtbaren“ Risikobereichen unserer Umwelt an und ist andererseits höchst alltagsrelevant für Lernende.

iNoise: Untersuchung von Lärm und Lärmschutz (Klassenstufe 7/8)

Ob in der Freizeit, bei der Arbeit, durch Verkehr oder in der Natur: Lärm ist fester Bestandteil der Umwelt vieler Menschen und kann Konzentrationsstörungen und Erkrankungen des Herz-/ Kreislaufsystems bewirken. Besonders Einwirkungen von Schallpegeln über 85 dB(A) sind zu vermeiden, da chronische Gehörschäden die Folge sein können. Unter dem Motto Lärm erleben–Lärm vermeiden versucht iNoise Lernende (7./8. Klasse) für dieses Thema zu sensibilisieren. Sie nutzen dabei das Smartphone



Lärmkarte (Ausschnitt Lageplan der TU Kaiserslautern).



So funktioniert „iNoise“.

(Fotos: AG Kuhn, TU Kaiserslautern)

als Schallpegelmessgerät und lernen mit der Einheit dB umzugehen.

In der Lehramtsausbildung erproben und optimieren einerseits Physiklehramtsstudierende im Rahmen schulorientierter Experimentalpraktika die Themenfelder unter fachdidaktischen Aspekten. Andererseits betreuen die Studierenden als Tutoren sowohl die Lehrkräfte bei der Bearbeitung der Themenfelder im Rahmen der Fortbildungen als auch die Schülerinnen und Schüler bei den Schülerkursen in den Schülerlaboren. Dabei umfasst die Kompetenzvermittlung neben der Erprobung dieser themenspezifischen Experimentiermöglichkeiten und Unterrichtsinhalte zudem auch die Begleitung bei der Implementation der Erkenntnisse in den Unterricht. Außerdem findet die Programmierung z. B. der für die externen Sensoren erforderlichen Mikrocontroller im Rahmen der Fachdidaktik-Erstfachausbildung für das Lehramt Elektrotechnik und das

Lehramt Metalltechnik an Berufsbildenden Schulen im EIT-Schülerlabor statt. Durch die Vernetzung zwischen diesem Projekt und der Lehramtsausbildung trägt dieses Programm somit zu einer stärkeren Professionsorientierung und Professionalisierung angehöriger Lehrkräfte in Physik (v. a. Lehramt an Gymnasien) sowie in Elektro- und Metalltechnik (Lehramt an Berufsbildenden Schulen) bei.

Damit wird auch die Querschnittsaufgabe von Umweltbildung über verschiedene Jahrgangsstufen bis hin zur Lehreraus- und -fortbildung abgebildet. Dabei geht das übergreifende didaktisch-methodische Konzept in jedem Themenfeld stets von einem alltagsrelevanten Kontext aus, der im zweiten Schritt auf die direkte Umgebung der Lernenden bezogen wird und den diese im Sinne forschend-entwickelnden Lernens aktiv mit Smartphone-Experimenten erkunden. Dabei wird die selbsttätige Ergründung – die zentrale naturwissenschaftliche Methode – im Rahmen der einzelnen Themenfelder jeweils in

Form von Lernzirkeln („Lernen an Stationen“) an aktuellen Umweltbildungsangeboten gefördert. Da die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Themenfelder die Experimente sowohl im Schülerlabor als auch als Nachbereitung zu Hause durchführen, werden sie auch außerhalb des „koordinierten Lernerlebens“ im Schülerlabor zum informellen

Lernen außerhalb formeller Bildungsangebote angeregt. Eine der Aufgaben des Projektes ist deshalb neben der Verwendung der bereits in den mobilen Medien verbauten internen Sensoren auch die Entwicklung geeigneter einfacher und preisgünstiger externer Smartphone-Sensoren.

iPhysicsLab

TU Kaiserslautern, Fachbereich Physik
Erwin-Schrödinger Straße Bau 46 | Raum 536
67663 Kaiserslautern | Rheinland Pfalz



Kontakt: Prof. Dr. Jochen Kuhn

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KLW}

Klassenstufen und Schulart(en): iNature

Teilmodul iNoise (Anbieter: Fachbereich Physik): Mittelstufe (7. bzw. 8. Klasse)

Teilmodul iAtmosphäre (Anbieter: Fachbereich Elektro- und Informationstechnik sowie Fachbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik): Sek. 2 (Lk/ Gk)

Teilmodul iRadioactivity (Anbieter: Fachbereich Physik): Sek. 2 (Lk/ Gk)

Fachrichtungen: Biologie, interdisziplinär mit Chemie und Physik und Informatik verknüpft

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppe, einzelne Interessierte, Lehrkräfte und Lehramtsstudierende

Zeitaufwand: individuell, je nach Modul, je nach gewünschter Vor- und Nachbereitung. Gerne ganztägig, mind. ab 2 Std.

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen

Berufsfindungspraktikum

„Jülich bewegt!“

„Jülich bewegt!“ ist ein fünftägiges Berufs- und Studienfindungspraktikum in den Sommerferien. Zehn Schülerinnen und Schüler ab der 9. Klasse erhalten jeden Tag Einblicke in verschiedene Berufsfelder im Forschungszentrum Jülich, die sich mit zukünftigen nachhaltigen Formen der Mobilität beschäftigen. Ziel dieser Woche ist es, dass die Schüler erfahren, wie wichtig die Forschung an nachhaltigen und umweltverträglichen Formen der Mobilität auch für ihr eigenes Leben ist. Ansatz für das fachübergreifende Thema „Jülich bewegt!“ ist das Alltagsleben der Schüler. Für sie ist heutzutage ein Leben ohne Strom und ein Leben ohne Autos nicht vorstellbar. Gleichzeitig sind sie meist aus der Schule, den Medien und von zu Hause schon sensibilisiert für Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen, und es ist ihnen allen bewusst, dass die heutigen Energiesysteme sich in naher Zukunft wandeln müssen und auch werden.

In diesem Praktikum lernen die Jugendlichen ganz nah an aktueller Forschung und aus verschiedensten beruflichen Blickwinkeln, welche Ansätze es gibt, Mobilität der Zukunft nachhaltig und umweltverträglich zu gestalten, welche Techniken notwendig sind und welche Fachdisziplinen zusammenarbeiten müssen. Sie treffen Laboranten, Elektroniker, Industriemechaniker und Ingenieure, die sie während der Woche beim eigenständigen Arbeiten begleiten. Der rote Faden, der sich durch die ganze Woche zieht, ist als Projektauftrag der Bau eines mit Batterie betriebenen Modellautos durch jeden Teilnehmer. Ihr Auto dürfen die Teilnehmer am Ende als Produkt der Woche natürlich mit nach Hause nehmen. Für die Jugendlichen ist dies das verbindende und extra motivierende Element, dass sie über die Woche hinaus daran erinnert, dass sie selber an der Entwicklung von nachhaltiger Mobilität aktiv werden können, entweder gesellschaftlich

oder politisch oder auch in ihrem späteren Beruf. Eigentlich allen Themenbereichen der Umweltforschung ist gemeinsam, dass stets verschiedene Fächer des MINT-Spektrums bei Lösungsansätzen beteiligt sind, da es sich um sehr komplexe Phänomene handelt. Brennstoffzellenforschung spielt z.B. sowohl in die Chemie hinein, als auch in die Physik und Elektrotechnik, insbesondere aber auch in die Ingenieurwissenschaften hinsichtlich Materialforschung und Verfahrenstechnik. Für eine nachhaltige Erzeugung des Wasserstoffs spielen die Photovoltaik und für die Methanolerzeugung, die für den Betrieb von Direktmethanolbrennstoffzellen benötigt wird, wiederum die Pflanzenwissenschaften mit ihrer Forschung rund um Biomasse eine entscheidende Rolle. Dieses notwendige und vor allem spannende Zusammenspiel wird den Jugendlichen im Verlauf der Woche Stück für Stück deutlich.

Bei Führungen in Werkstätten und Instituten, bei Fachvorträgen und vor allem beim eigenen Experimentieren und Arbeiten in den Werkstätten gemeinsam mit Auszubildenden des Forschungszentrums Jülich bekommen die Jugendlichen einen Einblick, wie viele verschiedene Berufsfelder bei einem Forschungsprojekt beteiligt sind und dort Hand in Hand zusammen arbeiten. Durch den Auftrag, im Rahmen der Woche ein eigenes batteriebetriebenes Modellauto zu bauen, das sie am Ende mit nach Hause nehmen dürfen, können sie eigene Fähigkeiten ausloten. Die Teilnehmer werden während ihres Aufenthaltes von Mitarbeitern des Schülerlabors betreut, die für alle Fragen offen sind.

Ablauf des Berufsfindungspraktikums:

Die Jugendlichen erhalten am ersten Tag zur Einführung im JuLab zunächst einen allgemeinen Überblick über die Forschungs-Aktivitäten des Forschungszentrums Jülich. Bei einem Team bildenden sogenannten ‚Blackbox-Spiel‘ können sie dann

begreifen, was ‚Forschen‘ eigentlich bedeutet, indem sie in kleinen Gruppen mit einfachen Hilfsmitteln, wie z. B. einem Magneten, Murmeln oder einer Taschenlampe herausfinden, welche Art und Anzahl von Gegenständen sich in einem versiegelten Kästchen befinden. Für die jungen Teilnehmer ist es eine wichtige Erkenntnis, dass die Qualität von Forschungsergebnissen u. a. von den verwendeten Methoden bzw. Instrumenten abhängt und es auch nicht „die“ Antwort auf Forschungsfragen gibt.

Es folgt mit einem Vortrag der Organisation ‚Elektromobilität NRW‘ ein erster Einstieg ins Thema mit der Frage, warum es überhaupt so wichtig ist, über alternative Mobilitätskonzepte nachzudenken und warum die Jugendlichen dieses Thema auch ganz persönlich betrifft. Mittags fahren sie mit dem Rad auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich einzelne Forschungsinstitute an, die sich mit gesellschaftsrelevanten Zukunftsthemen im Bereich Mobilität beschäftigen. Dazu gehört die Algenanlage, in der in großem Maßstab Algen kul-

tiviert werden, aus deren ölhaltiger Algenbiomasse zukünftig Kerosin hergestellt werden soll und die Klimaforschungskammer SAPHIR.

Danach steht eine Führung durch die Spezialwerkstatt des ZEA-1 auf dem Programm. In dieser wird für die Berufsfindungswoche per Laser die Grundform für das Chassis geschnitten, dies ist ein erster Kontakt, der Schüler mit ‚ihrem‘ Modellauto. Schließlich folgt noch als wissenschaftlicher Einstieg ein Fachvortrag zum Thema ‚Verringerung des Rollwiderstands‘. Den Schülern, wird hier deutlich, dass es verschiedene Stellschrauben gibt, um bei der Mobilität Energie einzusparen, indem man zum Beispiel das erhöhte Gewicht von Akkus durch Materialoptimierung wieder auszugleichen versucht und dass auch daran intensiv geforscht wird.

Am zweiten Tag des Berufsfindungspraktikums steht die Brennstoffzellenforschung im Fokus. Die Jugendlichen besichtigen das Forschungsinstitut für Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3). Die Mitarbeiter des IEK-3 erklären, warum Brenn-



Experimentieren im JuLab mit PEM- und DMFC-Brennstoffzellen.



Gemeinsames Arbeiten mit den Azubis in der mechanischen Werkstatt des Forschungszentrums Jülich.

stoffzellen ein Energiekonzept der Zukunft sind, welche Vorteile sie in einem erneuerbaren Energiemix spielen, aber auch welche technische, politische und gesellschaftliche Arbeit noch geleistet werden muss, z. B. um die notwendige Infrastruktur auszubauen. Hier wird zum Beispiel schnell klar, dass man mit einem Energiemix arbeiten muss und dass jede Region auf der Welt aufgrund von politischer Lage, Rohstoffsituation und Klima individuelle Lösungen braucht. Hier wird den Schülern aber auch aufgezeigt, dass es auch für sie schon Möglichkeiten gibt, die Akzeptanz der erneuerbaren Energien in der Gesellschaft voranzutreiben.

Nachmittags beschäftigen sich die Teilnehmer im Physiklabor des Schülerlabors JuLab dann selbst aktiv mit dem Thema Brennstoffzelle. Zu Beginn arbeiten sie mit einer ‚Low Cost-Brennstoffzelle‘, um das chemische Prinzip kennenzulernen: Zwei Haushaltsschwämme aus Stahlwolle werden an Elektroden befestigt und in eine Glaswanne mit KOH gehängt. Bei Anlegen einer Spannung können die Schülerinnen und Schüler an den H_2 - bzw. O_2 -Bläschen, die sich in den Schwämmen auf der jeweiligen Seite sammeln, direkt die Elektrolyse beobachten. Schließt man dann einen kleinen Motor an, arbeitet das System als Brennstoffzelle und betreibt eine kurze Zeit lang den Motor. Anschließend führen die Jugendlichen Experimente und Messreihen mit Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen (PEM) und Direktmethanolbrennstoffzellen (DMFC) durch

und lernen den Aufbau und die Unterschiede zwischen den beiden Systemen kennen und bestimmen deren Wirkungsgrade.

Am dritten Tag ist präzises Arbeiten gefragt: In der Werkstatt für Mechanik der Zentralen Berufsausbildung stellen die Schülerinnen und Schüler im klassischen ‚Blaumann‘ Stoßfänger für ihre Modellautos her. Bei den Konstruktionen werden sie begleitet und unterstützt durch Ausbildungsleiterin sowie Auszubildende im Bereich Mechanik. Diese fungieren als Coach und Role Models, mit denen die Schüler unter Gleichaltrigen ihre Fragen austauschen und diskutieren können. Gleichzeitig erfahren sie von der Ausbildungsleiterin Details über die Ausbildungsberufe in dem Bereich.

In einer weiteren Ausbildungsstätte, der Elektronikwerkstatt des Forschungszentrums, werden die Autos am vierten Tag nach und nach vervollständigt: Sie erhalten Blinker und eine komplette Beleuchtung aus LEDs, sowie das Wichtigste, den Elektromotor, wofür die Teilnehmer unter anderem elektronische Bauteile auf eine Platine löten. Schließlich wird das Chassis gebogen und aufgesetzt.

Zum Ende der Woche führen die Teilnehmer im JuLab am letzten Tag ihre fertigen Modellautos



Die Modellautos im Bau.

(Fotos: Forschungszentrum Jülich GmbH)

vor. Highlight ist danach noch die Mitfahrt in einem Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeug, das selbst kurzzeitig das Forschungsobjekt im aktuellen Projekts ‚SILENT-F‘ des Forschungszentrums Jülich ist. Zielprodukt ist ein leichtes, leises Demonstrationsfahrzeug mit einem DMFC-Hybridsystem mit dreifacher Reichweite und halbiertem Gewicht sowie kurzen Aufladezeiten. Hier werden für die Jugendlichen aktuelle Schritte in Richtung ‚alltagstaugliches Elektrofahrzeug‘ demonstriert und gleichzeitig auch noch einmal ‚Knackpunkte‘ der nachhaltigen Mobilität aufgezeigt. Eine Fahrt in ihre eigene Zukunft sozusagen.

Den Abschluss bildet eine moderierte, lockere Interviewrunde mit verschiedenen Mitarbeitern

des Forschungszentrums. Hier können die Teilnehmer zum einen noch einmal fachliche Fragen rund um das Wochenthema stellen, vor allem geht es aber um Ausbildungs- und Studienmöglichkeiten und die oftmals interessanten, aber nicht „geraden“ Werdegänge der Mitarbeiter. In einem realistischen Bewerbungsquiz können sie dabei auch noch ihre eigenen Fähigkeiten einschätzen.

Nach der Woche Berufsfindungspraktikum „Jülich bewegt!“ gehen die Jugendlichen mit ihrem eigenen ‚Elektroauto‘ sowie einem umfassenden Einblick in aktuelle Jülicher Forschung zu nachhaltiger Mobilität nach Hause und haben so ein Stückchen an ihrer eigenen Zukunft mitgearbeitet.

Julab

Forschungszentrum Jülich GmbH
Wilhelm-Johnen-Straße | 52428 Jülich | Nordrhein-Westfalen



Kontakt: Anne Fuchs-Döll, Melina Burghardt

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KWB}

Klassenstufen und Schularf(en): Klassenstufen 9–13, alle weiterführenden Schulen

Fachrichtungen: Physik, Elektrotechnik, Technik

Angebot für: einzelne Interessierte

Zeitaufwand: 5 Tage, jeweils von 9–16 Uhr

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und angeleiteten Komponenten
Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Teilweise geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Einblicke in die Berufswelt durch Vorträge, Institutsbesichtigung, gemeinsames Arbeiten mit Auszubildenden, Interviews und Berufsinformationen ● Produktorientiertes Arbeiten durch Bau eines Modellautos in verschiedenen Werkstätten ● Expertenvorträge ● Führungen durch authentische Werkstätten und Forschungslabore ● Quiz (realistischer Einstellungstest) ● Selbstwirksamkeitskonzepte, da vermittelt wird, dass die Jugendlichen die eigene Zukunft mitgestalten können ● Teamarbeit- unterschiedliche Kompetenzen der Gruppenmitglieder werden genutzt, wie in einer Forschungs-Arbeitsgruppe ● Arbeiten mit Gleichaltrigen als Coaches (Role-Model-Konzept) ● Phasenweise Ko-Konstruktives Arbeiten

Natürlich Künstlich – Zukunft Kunststoffe

Das Kinder- und Jugendtechnologiezentrum arbeitet an den Schnittstellen zwischen Kindergarten – Schule sowie Schule – Ausbildung/Studium mit dem Ziel, den Nachwuchs in den Schulen für naturwissenschaftliche und technische Ausbildungs- und Studiengänge zu interessieren und an die Unternehmen und Hochschulen heranzuführen. Gegründete wurde KITZ.do im Jahr 2008 und ist über einen Zuschuss der Stadt Dortmund basisfinanziert, aber zusätzlich auch auf weitere Sponsoren und weitere Einnahmen angewiesen. Schon seit Jahren hat KITZ.do zur naturwissenschaftlich-technischen Förderung auch Umweltbildung als Schwerpunkt im Programm.



Messung der Wärmedämmung.

Die Endlichkeit der abiotischen und biotischen Ressourcen und das stetige Bevölkerungswachstum stellen die Schlüsselprobleme der heutigen Zeit dar. Der Klimawandel, der Verlust an Biodiversität und andere Umweltprobleme stehen damit in direktem Zusammenhang. Nachhaltige Chemie ist eine Möglichkeit, diesem Trend entgegenzuwirken. Inbegriff der nachhaltigen Chemie sind nachwachsende Rohstoffe, die nicht nur als Energielieferant, sondern auch stofflich immer größere Beachtung in der chemischen Industrie finden. Dazu gehören neben Tensiden und Schmierstoffen immer mehr auch die biobasierten Kunststoffe bzw. Polymere. Ein weiterer Baustein der Ressourcenschonung ist das Recycling bzw. die Kaskadennutzung. Hierfür benötigt man eine möglichst gute Trennung der gebrauchten Kunststoffe. Entscheidend für den Erfolg aller Maßnahmen ist das Umdenken in der Gesellschaft, das nur durch Bildung zu erreichen ist.

Aufgrund der Endlichkeit der Erdölressourcen, der Zunahme der CO₂-Emission und der daraus resultierenden Klima- und Umweltproblematik gewinnen die Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen mehr und mehr an Bedeutung. Dem entgegen steht eine wachsende Erdbevölkerung, die ernährt werden muss. Diese vielfältigen Probleme, die auf zukünftige Generationen zukommen, können nur gelöst werden, wenn es gelingt die Zusammenhänge in die Gesellschaft zu tragen und ein Bewusstsein für das eigene Handeln zu schaffen.

Übergeordnetes Ziel des Projektes ist es, grundlegendes Wissen in den fächerübergreifenden Bereichen nachhaltige Chemie, Technik und Biologie zu vermitteln und das Verständnis für globale Zusammenhänge zum Klimawandel weiterzugeben. Damit wird den Schülern von heute die Möglichkeit gegeben, als „Zukunftsschaffende“ von morgen verantwortungsvoll zu entscheiden und zu handeln.

Dazu gehört es, die Herstellung, den Gebrauch und das Recycling von Kunststoffen umweltfreundlicher zu gestalten. Beispielsweise kann durch den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen, aber auch durch optimierte Recyclingprozesse (Stichwort: Kaskadennutzung) eine Energieeinsparung erlangt werden. So können Wohnhäuser mittels Kunststoffen wärmegeklämt werden, in Fahrzeugen und Flugzeugen kann man sich ihr geringes spezifisches Gewicht beim Kraftstoffverbrauch zunutze machen.

Kunststoffe begegnen uns heute überall, da sie durch ihre große Variabilität über ein weites Spektrum an Eigenschaften verfügen. Es handelt sich um Makromoleküle, die historisch durch Verarbeitung von Naturprodukten entstanden sind. Nach dem Boom der Erdölindustrie Anfang des letzten Jahrhunderts jedoch bis in die jüngste Zeit wurden sie hauptsächlich aus Erdöl hergestellt. Um den wachsenden Bedarf an Kunststoffen zu decken, reicht es nicht aus, Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen einzusetzen. Auch das Re- und Up-cycling von Kunststoffen muss in den Fokus gerückt werden. Die Diskussion um den E10-Treibstoff hat gezeigt, dass nicht einfach landwirtschaftliche Nutzflächen dazu genutzt werden können, die Industrie / den Markt zu beliefern. Andererseits bieten Kunststoffe bzw. Biopolymere mit ihren Eigenschaften Einsatzmöglichkeiten, die durch andere Werkstoffe nicht ersetzt werden können. Die Entwicklung von sogenannten „Drop-in-Biokunststoffen“ bietet Herstellern die Möglichkeit, ihre CO₂-Bilanz zu senken und andererseits einen recyclingfähigen Kunststoff einzusetzen. Dabei wird zurzeit PE und PET bevorzugt aus „Drop-in-Biokunststoffen“ hergestellt.

Herstellung von Nylon.



Das Projekt schließt sich direkt an die Lebens- und Erfahrungswelt der Schüler an: sie gebrauchen täglich vielfach Kunststoffe. Die gesellschaftliche Relevanz ist durch den Zusammenhang zwischen Ressourcenschonung, Klimawandel und Umweltschutz gegeben und für die Schüler täglich erfahrbar. Gerade die Notwendigkeit der Mülltrennung kann besser verstanden und somit auch umgesetzt werden, wenn das Recycling und die Probleme, die dabei entstehen, durch selbstständiges Experimentieren „begriffen“ wurden.

Das Modul „Zukunft Kunststoffe“ beschäftigt sich mit dem Werkstoff Kunststoff und seinen Verwendungsmöglichkeiten. Dabei werden auch die Langlebigkeit der Kunststoffe und der Verbleib in der Umwelt thematisiert. Es werden Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt sowie deren Vor- und Nachteile diskutiert. Am Beispiel der Stärke, Cellulose und des Caseins werden Biopolymere vorgestellt. Weiterhin wird das Recycling von Kunststoffen thematisiert, da auch zukünftig nicht alle Bereiche, in denen Kunststoffe eingesetzt werden, von Biopolymeren übernommen werden können und durch Recycling der Müll reduziert wird. Durch die Experimente, die die SchülerInnen



Herstellung von Kunststoffen. (Fotos: KITZ.do)

selbstständig durchführen und die eine Verbindung zu ihrem Alltag haben, ist ein nachhaltiges Lernen, das zu Verhaltensänderung führen kann, möglich. Dies geschieht im Modul durch die Charakterisierung von Kunststoffen, sodass der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften, der jeweiligen Einsatzmöglichkeiten und dem Recycling deutlich wird. Die Schüler sind häufig über Zusammenhänge und Fakten informiert, sind jedoch nicht in der Lage dieses Wissen in ihre Lebenswirklichkeit zu übernehmen und können daher ihre Handlungsweise nicht ändern.

Über die Erstellung einer Mind-Map werden die Schüler dazu angeregt, das Thema „Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Es wird Informationsmaterial zur Verfügung gestellt, das Vor- und Nachteile von erdölbasierten, biologisch abbaubaren

Kunststoffen und solchen aus nachwachsenden Rohstoffen aufzeigt. Dabei werden sowohl die Flächennutzung als auch die wachsenden Müllströme im Meer thematisiert. Eine eigenständige Recherche und eine von den Schülern geführte Diskussion sollen zu einer intensiven Auseinandersetzung mit der Problematik führen. Ziel ist es, einen sparsamen Umgang nicht nur mit erdölbasierten Kunststoffen, sondern auch mit den neu auf dem Markt strömenden Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen herbeizuführen.

Das Thema Kunststoffe verbindet nachhaltige Chemie mit gesellschaftlich interessanten Aspekten. Die nachwachsenden/natürlichen Rohstoffe dürfen nicht in Konkurrenz mit der Ernährung stehen. Weiterhin werden klima- und umweltrelevante Aspekte beleuchtet. Der Zusammenhang zwischen wirtschaftlichen Interessen, Umwelt und Mensch wird dargestellt und diskutiert. Im Zuge der Rohstoffverknappung ist der Einsatz von nachwachsenden bzw. natürlichen Rohstoffen besonders interessant. Biokunststoffe haben entscheidende Vorteile gegenüber normalen Kunststoffen, aber auch Nachteile. In der praktischen Arbeit lernen die Schüler chemische und physikalische Arbeitsweisen kennen. Sowohl die Planung als auch die Durchführung der Messreihen erfordern Wissen, Sorgfalt und Genauigkeit. Bei der Diskussion und Reflektion lernen die Schülerinnen und Schüler Zusammenhänge des Klimawandels, des Umweltschutzes und der Energie- und Rohstoffverwendung kennen.

Das Modul „Zukunft Kunststoffe“ wird überwiegend mit Schulklassen über einen Zeitraum von 4 Stunden durchgeführt. Dabei untersuchen die Schüler und Schülerinnen zunächst die physikalischen Eigenschaften von konventionellen Kunststoffen. Dies umfasst insbesondere die Bestimmung der Dichte, Bruchfestigkeit, des Schmelzpunktes, der Lösemittelbeständigkeit und der Brennbarkeit. In der Sekundarstufe II können zudem eine Elementaranalyse und der Nachweis von Halogenen mit der Beilsteinprobe erfolgen. Weiterhin werden die Dämmeigenschaften von Kunststoffen wie Sty-

ropor mit natürlichen Dämmstoffen verglichen. Untersuchungen zur Wasseraufnahmekapazität von Superabsorbentpolymeren und das Aufzeigen von Kunststoffen, die Wasser aufsaugen und speichern können, zeigen den Schüler praxisnahe Beispiele für den Einsatz von Kunststoffen. Durch die Herstellung von Kunststoffen können die Schüler deren chemischen Aufbau nachvollziehen.

Im zweiten Teil werden vor allem Biokunststoffe in den Vordergrund gestellt. Nachweis von Stärke in Kunststoffen und die anschließende Herstellung einer Folie aus Speisestärke können die vielfältigen Einsatzgebiete nachwachsender Rohstoffe aufzeigen. Zudem sehen die Schüler u. a. an der Herstellung von Kunststoffen aus Polymilchsäure, dass auch bei Biokunststoffen die gleichen chemischen Grundreaktionen zum Einsatz kommen. Das Thema Wiederverwertung wird durch Versuche wie

Recycling einer CD oder Herstellung eines Lackes bzw. Klebers durch Lösen von Styropor in Aceton verdeutlicht.

Während der drei Abschnitte werden folgende Aspekte thematisiert:

- Einsatz des Werkstoffes Kunststoff, Verwendungsmöglichkeiten
- Langlebigkeit der Kunststoffe- Verbleib in der Umwelt
- Verknappung des Erdöls, Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen
- Vor- und Nachteile der Biokunststoffe, Flächenkonkurrenz
- Probleme beim Recycling

Das Modul ist interdisziplinär aufgestellt und bietet Möglichkeiten, aktuelle Forschungsergebnisse einzubinden.

Kinder- und Jugendtechnologiezentrum KITZ.do

s.i.d. Fördergesellschaft für Schule und Innovation gGmbH
Rheinlanddamm 201 | 44139 Dortmund | Nordrhein-Westfalen



Kontakt: PD Dr. Ulrike Martin

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFB}

Klassenstufen und Schularf(en): Grundschule bis Sekundarstufe II, alle Schularten

Fachrichtungen: Chemie, Physik/Technik/IT, Biologie, Umweltwissenschaften

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen, einzelne Interessierte

Zeitaufwand: 4 Stunden

Didaktische Methoden: ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen. ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen

„Seltene Erden“ – Chemie-Experimente und BNE im Schülerlabor

Seltene Erden – dieser im Rahmen eines DBU-Projekts vom Schülerlabor NatLab der FU Berlin entwickelte Experimentierzyklus beschäftigt sich mit den chemischen Elementen Yttrium, Cer, Neodym und Europium. Diese auch als Hightech-Metalle bezeichneten Elemente sind Bestandteil vieler moderner Konsumgüter und aus der heutigen Technik für Mobilität, Energiegewinnung oder Telekommunikation nicht mehr wegzudenken.

Auch deshalb stellt der nachhaltige Umgang mit den natürlichen Ressourcen unsere Gesellschaft vor große Herausforderungen: ihr Abbau und ihre Gewinnung betreffen Umwelt und Menschen in erheblichem Maß. Anhand von fünf chemischen Experimenten lernen Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I und II neben chemischen Methoden die Bedeutung der Seltenen Erden als Bestandteil heutiger Technologien kennen und ihr eigenes Konsumverhalten zu reflektieren.

Der Aspekt der Kreislaufwirtschaft zur Reduzierung der Abbaumengen steht bei den Experimenten daher besonders im Fokus. Jährlich landen in Deutschland pro Kopf 21,8 kg wertvolle Metalle im Elektroschrott (Ottaviani, 2014). Diese Rohstoffe zurückzugewinnen und im Sekundärkreislauf für eine Produktfertigung zur Verfügung zu stellen, ist ein zukunftsweisender Umgang mit endlichen Rohstoffen.

Die vielfältigen Einsatzbereiche und die Bedeutung der Seltenen Erden im Alltag lässt sich an vielen Beispielen verdeutlichen. Bei der Zusammenstellung der Experimente wurden Synthesen und Analysen von Produkten gewählt, in denen Seltene

Erden enthalten sind und die gleichzeitig einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler haben:

Während der Herstellung eines traditionellen Glühstrumpfs, wie er in den Berliner Gaslaternen bis heute Verwendung findet¹, wird die Entwicklung des künstlichen Lichts erörtert. Die Herstellung des YBCO (Yttrium-Barium-Kupfer-Sauerstoff) Hochtemperatur-Supraleiters wird von der Diskussion von Energieverlusten beim elektrischen Stromfluss bis hin zur aktuellen Grundlagenforschung begleitet (Buckel und Kleiner, 2013). Anwendungsbeispiele sind die Magnetresonanztomographie (MRT) in der Medizin oder Kabel-Pilotstrecken im Ruhrgebiet, auf denen bereits Supraleiterkabel verlegt sind². Die Demontage eines Handys zeigt einerseits die Vielfalt der enthaltenen Stoffe auf und bildet durch die (Rück-)Gewinnung des Neodyms gleichzeitig eine Verknüpfung zur heutigen Recyclingtechnologie. Auch die chemische Synthese von Europiumacetylacetonat, dessen fluoreszierende Eigenschaft als Farbstoff für Ausweise und Banknoten genutzt wird, zeigt eine aktuelle Anwendung. Paracetamol® schließlich ist den meisten Jugendlichen als Schmerzmittel schon seit ihrer Kindheit bekannt. Zur quantitativen Bestimmung des in einer Tablette enthaltenen Wirkstoffs wird die im Europäischen Arzneibuch³ beschriebene Cerimetrie herangezogen, bei der das Seltene Erdmetall Cer Verwendung findet.

Besonders der Versuch zur Rückgewinnung von Neodym ermöglicht durch die im Alltag der Jugendlichen omnipräsenten Smartphones einen niedrigschwiligen Einstieg in das chemische Arbeiten in einem Labor. Die Schüler lernen Aufbau

1 <http://www.gaslicht-kultur.de/Gaslaternen.html> (Aufruf am 15.06.2017)

2 RWE testet in Essen High-Tech-Stromkabel, Wirtschaftswoche 09. April 2014

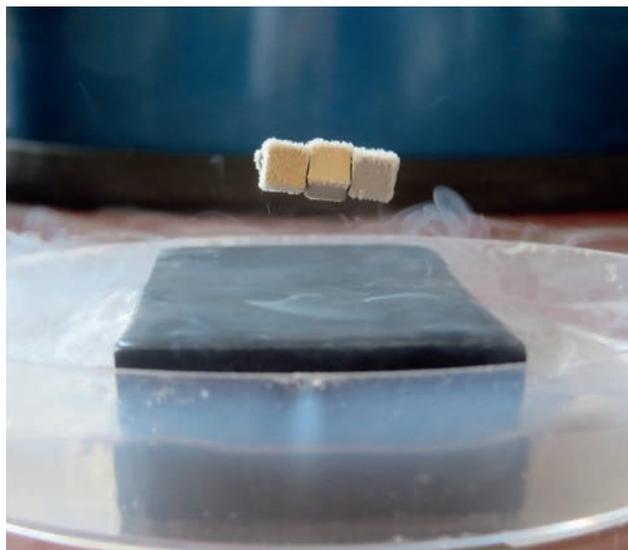
3 Europäisches Arzneibuch Ph. Eur. 8. Ausgabe, Grundwerk 2014 – 7. Nachtrag

und Durchführung von chemischen Synthesen kennen und erhalten einen realistischen Einblick in die Tätigkeit eines Chemikers. Sie erfahren, dass die Stoffe in Konsumgütern einen Ursprung in der Natur haben und die Ressourcen für diese Stoffe begrenzt sind. Die Wichtigkeit der Rückgewinnung bereits verbrauchter Stoffe in Konsumgütern wird aufgezeigt. Ziel ist, die Schüler nicht nur zum analytischen, sondern auch zum systemischem Denken zu animieren. Sie sollen erfassen, wie intensiv Naturwissenschaften und Technik unsere materielle, intellektuelle und kulturelle Umwelt formen.

Am Beispiel der Seltenen Erden werden daher nicht nur die vielfältigen Auswirkungen der Metallgewinnung auf die Umwelt (Gesteinslaugung, Bodenerosion, Grundwassergefährdung) aufgezeigt, sondern auch Fragen der globalen Gerechtigkeit wie Arbeitsbedingungen (Gesundheitsschutz, Löhne) und das aktuelle politische Konfliktpotenzial (Zugriffsrechte, Verteilungsgerechtigkeit) diskutiert. Zudem wird dem Anspruch der Industriegesellschaft auf eine ausreichende Versorgung für die Verwendung in Nachhaltigkeitstechnologien (Windkraftanlagen, Hybridfahrzeuge, Energiesparlampen) nachgegangen.

Unterstützt wird dieser Prozess durch eine derzeit noch im Aufbau befindliche Lernplattform nach dem Inverted Classroom Modell⁴ (Bergmann und Sams, 2012), auf der die Schüler zukünftig zur Vor- und Nachbereitung auf Hintergrundinformationen zu den chemischen Sachverhalten als auch den sozioökonomischen Kontexten zugreifen können. Diese Aspekte konnten bislang nur in den mehrtägigen Workshops der Interessierten-Förderung vertieft werden.

Anhand der zur Verfügung gestellten Materialien können die Schüler üben, verschiedene Perspektiven einzunehmen und Prioritäten zu setzen. Die Schüler gewinnen damit Bewertungskompetenz und werden an den gesellschaftlichen Diskurs he-



Schwebender Supraleiter.

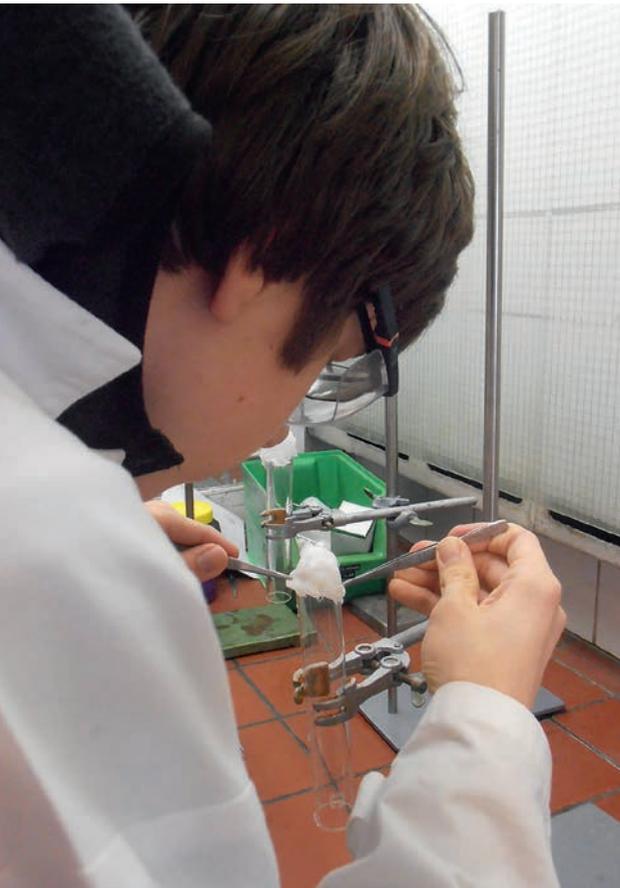
rangeführt. Es werden Lösungsansätze aufgezeigt, die den Einsatz von Seltenen Erden effizienter gestalten, das Recycling vorantreiben und den nachhaltigen und fairen Abbau primärer Rohstoffe fordern.

Dieses Themengebiet findet sich durchaus auch in der aktuellen Forschung wieder: Beispielsweise forschen das Max-Planck-Institut für Chemie und die Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz an der Supraleiter-Technologie, das Helmholtz-Institut für Ressourcentechnologie in Freiberg sowie die Firma Novis in Tübingen am Recycling der Seltenen Erden; das BMBF-Projekt SECUDIS widmet sich Sicherheitsmerkmalen für künftige Ausweis- und Wertdokumente.

Zum Themenkreis Seltene Erden wurden fünf chemische Versuche entwickelt, die unabhängig voneinander je nach Zeitrahmen, Präferenzen sowie Gruppengröße und Alter der besuchenden Schülergruppe parallel angeboten werden.

Je vier bis fünf Schülerinnen und Schüler füh-

⁴ Der Begriff „flipped classroom“ wurde von Bergmann und Sams (2012) geprägt. Der Begriff „Inverted Classroom“ wurde von J. Handke, J. Loviscach und C. Spannagel geprägt: <http://www.uni-marburg.de/aktuelles/news/2012b/invertedclassroom> (Aufruf am 22.06.2017)



Aufziehen eines Glühstrumpfs zum Trocknen.
(Fotos: NatLab)

ren unter Anleitung einen Versuch durch. Abschließend werden in einem „Rundgang“ gegenseitig die Arbeitsprozesse und das Ergebnis präsentiert.

1. Herstellung eines historischen Gasglühstrumpfs (Yttrium, Cer)

Zunächst schneiden die Schüler aus Baumwollstoff einen Strumpf aus und nähen ihn von Hand zusammen. Anschließend fertigen sie eine yttriumhaltige Lösung an und imprägnieren ihren Strumpf damit. Nach einem Trocknungsvorgang wird der Glühstrumpf erhitzt und seine Funktionsfähigkeit über dem Bunsenbrenner erprobt.

2. Herstellung eines Hochtemperatursupraleiters (Yttrium, Neodym)

Die Schüler wiegen die Ausgangsstoffe für die Synthese eines YBCO-Supraleiters auf einer Feinwaage ab und mörsern diese intensiv im Achatmörser. Mit einer hydraulischen Presse stellen sie dann ein Pellet her, das anschließend in einem Rohröfen bei 950 °C gebacken wird. Nach dem Backvorgang wird der Meißner-Ochsenfeld-Effekt demonstriert: Das schwarze Pellet schwebt unter Kühlung mit flüssigem Stickstoff (-196 °C) über einer Fläche aus neodymhaltigen Permanentmagneten.

3. Rückgewinnung von Neodym aus Handys (Neodym)

Im ersten Schritt zerlegen die Schüler ein defektes Mobiltelefon und entnehmen den Lautsprecher, der meist aus einem neodymhaltigen Magneten besteht. Dieser wird auf die Curie-Temperatur erhitzt und so entmagnetisiert. Die poröse Keramik wird dann zerkleinert, gemörsert und in Mineralsäure aufgelöst. Nach einigen nass-chemischen Reaktionsschritten und dem Glühen des Neodym-phosphats auf der Magnesiumrinne gewinnt man das fliederfarbene Neodym(III)-oxid.

Der Versuch ist eine ideale Gelegenheit zu vermitteln, dass Handys wegen ihrer komplexen Bauweise getrennt von anderem Elektroschrott gesammelt werden sollten.

4. Synthese eines Fluoreszenzfarbstoffs (Europium)

Zuerst bauen die Schüler eine chemische Syntheapparatur aus Dreihalskolben, Rückflusskühler, Tropftrichter und Thermometer auf. Anschließend wiegen sie die Ausgangsmaterialien ab und geben sie – teilweise gelöst – zueinander. Die Reaktionsmischung wird erhitzt bis sich ein farbloser Niederschlag bildet. Die Reaktionsmischung wird erhitzt bis sich ein farbloser Niederschlag bildet und anschließend zentrifugiert. Dadurch erhält man einen fluoreszierenden Farbstoff, der unter einer UV-Lampe leuchtet. Abschließend wird der Einsatz

des Farbstoffs auf Banknoten oder Personaldokumenten demonstriert.

5. Bestimmung des Gehalts an Paracetamol® mittels Cerimetrie (Cer)

Zunächst bauen die Schüler eine chemische Apparatur zur Spaltung der chemischen Verbindungen mit Wasser (Hydrolyse) auf. Dann verdünnen sie Säuren mit Hilfe des Mischungskreuzes, stellen Maßlösungen für die Titration – einschließlich Titerstellung – her und titrieren die jeweiligen Substanzen unter Verwendung eines Indikators. Parallel werden die Reaktionsgleichungen in den Redox-titrationen besprochen. Zum Schluss wird der experimentell ermittelte Analysewert mit der Angabe auf der Packungsbeilage verglichen.

Der praktische Schwerpunkt der Experimente liegt auf der Chemie. Durch die Thematisierung der Rohstoffe ist die Geographie ebenso eingebunden, wie auch die Physik. Physikalische Phänomene

werden im Glühstrumpf-, im Fluoreszenz-Versuch (Was ist farbiges Licht?) sowie beim Supraleiter (widerstandslose Leitung von Strom) und auch im Handyversuch (Magnetismus) behandelt. Durch die cerimetrische Analyse von Paracetamol® findet auch die Pharmazie Berücksichtigung. Darüber hinaus ist das Thema Seltene Erden untrennbar mit ethischen, ökonomischen und politischen Fragen verbunden.

Literatur

- Ottaviani, J. (2014). Die Elektronikschrottrepublik. SpiegelOnline – <http://www.spiegel.de/wirtschaft/elektroschrott-in-afrika-recyclingmethoden-schaden-a-1085773.html> (Aufruf am 15.06.2017).
- Buckel, W. und Kleiner, R. (2013). Supraleitung: Grundlagen und Anwendungen, 7. Auflage, Wiley VCH-Verlag, Weinheim.
- Bergmann, J, Sams, A. (2012). Flip your classroom: reach every student in every class every day. Washington, DC: International Society for Technology in Education.

Schülerlabor NatLab

Freie Universität Berlin

Fabeckstraße 34–36 | 14195 Berlin | Berlin



Kontakt: Dr. Katharina Kuse, Ulrike Henriette Jeggel, Prof. Dr. Petra Skiebe-Corrette

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KLU}

Klassenstufen und Schulart(en): Allgemeinbildende Schulen, Sekundarstufe I + II
(ab Klasse 9)

Fachrichtung: Chemie

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 4 Stunden

Didaktische Methoden: ● Rezeptives Experimentieren ● Die didaktisch entwickelten Kurse/ Module werden von den Schüler_innen in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt ● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center ● Einblicke in die Berufswelt durch Exkursionen z. B. in die Recycling Branche Filme & Comics/Spiele sind in der Entwicklung

„Smart Grid“ (Energieversorgung) und „Klimawandel“

In der Vergangenheit sind zwei Praxisseminare mit den Themen „Smart Grid“ und „Klimawandel“ durchgeführt worden. In beiden haben Studierende Unterrichtseinheiten für die Schule auf Basis der Berliner Rahmenlehrpläne (Klasse 9/10) entwickelt. Für die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler war es die Gelegenheit, den „Physikunterricht“ einmal anders zu erleben. Diese Veranstaltungen fanden im Rahmen des Schülerlabors PhysLab statt.

Neben dem fachlich ausgerichteten Teil des Schülerlabors PhysLab wird auch ein didaktisches Seminar mit breiter Kompetenzförderung bei den Schülern angeboten.

Seminar im Schülerlabor

Bei dem Seminar „Klimawandel“ geht es um die Hintergründe der Erderwärmung und die Verwendung von regenerativen Energieformen. Die zentrale Frage lautet: „Warum sollten wir regenerative Energieformen vermehrt nutzen, obwohl es effizientere Methoden bei der herkömmlichen Energiegewinnung gibt“. Zum Verständnis der Thematik werden im Rahmen des Seminars auch Experimente zu den Ursachen der Erderwärmung und zu regenerativen Energien vor- und durchgeführt.

Zur praktischen Anschauung kann die Solarzellenanlage von UniSolar Berlin auf dem Dach der FU (Rostlaube) besichtigt werden.

Das Themenfeld „Smart Grid“ lässt sich im Unterricht aus verschiedenen Perspektiven betrachten. Aufgrund seiner hohen Umweltrelevanz eignet es sich zum Aufbau einer „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ (BNE) und zur Förderung von (naturwissenschaftlicher) Gestaltungskompetenz. Auf der anderen Seite fokussiert es stark auf Zukunftstechnologien. Als Beispiel für eine aktuelle technologi-

sche Entwicklung wird das „intelligente“ Stromnetz untersucht.

Die Studenten bereiten in diesem Seminar eigenständig in Gruppenarbeit eine Unterrichtsdoppelstunde zum genannten BNE Thema vor – von der Konzeption und Planung bis zur Durchführung. Dieser Unterricht wird anschließend mit Schülergruppen, die das Schülerlabor PhysLab besuchen, erprobt.

Neben den physikalischen Aspekten werden auch gesellschaftskritische Fragen betrachtet. Am Praxistag im Schülerlabor beobachten die Studenten die Lehr-Lern-Prozesse der Mitstudenten, die sich in Betreuende und Beobachter aufteilen, und der Schüler. Im Anschluss werden diese Prozesse kritisch reflektiert und ausgewertet. Ziel ist es, für die Schülerinnen und Schüler eine dazu passende Methode der Bewertungskompetenz zu entwickeln und diese im Anschluss an den Experimentierzyklus zu testen. Hieraus ergeben sich Ansatzpunkte für die Verbesserung des Unterrichtskonzeptes.

Die Studierenden erwerben im Rahmen des Praxisseminars erste Erfahrungen mit Bewertungskompetenz, also der Vernetzung von Fachphysik mit gesellschaftlich bedeutsamen Themen. Dies wird aktuell mit dem Umgang von Schülervorstellungen ergänzt, so dass die Schüler mit besonderer Rücksichtnahme auf ihre Vorerfahrungen den Unterricht erleben können. Speziell zum Thema Treibhauseffekt, aber auch zu den Umwandlungsprozessen in der Atmosphäre gibt es nämlich teils schwerwiegend von der wissenschaftlichen Sicht abweichende Schülervorstellungen. Dies sind aber Prinzipien des Klimawandels, die einen direkten Bezug zum täglichen Umgang mit Ressourcen haben. Nur indem auf diese Schülervorstellungen Bezug genommen wird und, etwa mittels conceptual change Ansätzen, daran angeknüpft, umgedeutet

oder damit konfrontiert wird, kann nachhaltiger und handlungswirksamer Lernerfolg gelingen.

Nutzen für die Schülerinnen und Schüler

Schülerinnen und Schüler bekommen durch diese Veranstaltung einerseits einen fachlichen Einblick in die verschiedenen Gebiete der Regenerativen Energien, in die Ursachen und Folgen des Klimawandels und in die Funktionsweise von Energienetzen. Andererseits lernen sie durch die vorherige thematische Einführung, die Experimente bzw. den Nutzen von regenerativen Energien und von Energienetzen ökologisch und gesellschaftlich besser einzuschätzen. Sie beurteilen Nutzen und Risiken, erlangen die Fähigkeit einer Risikobeurteilung, erörtern Handlungsoptionen und eignen sich interdisziplinäre Kenntnisse an. Sie erlangen

Gestaltungskompetenz und Bewertungskompetenz. Unterstützt wird dies durch Rollenspiele und Szenariotechnik.

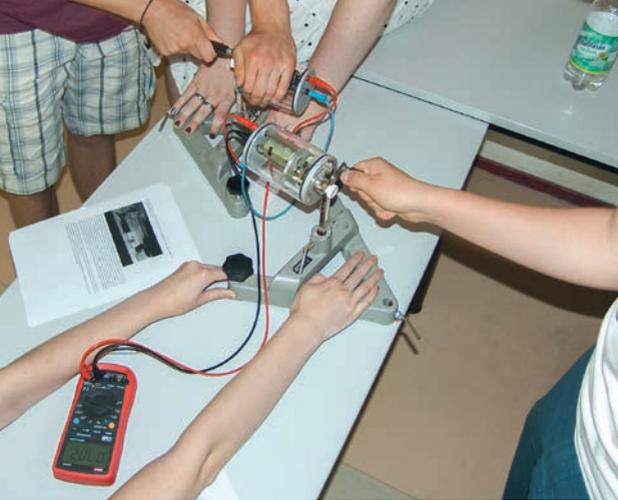
Gesellschaft und Wirtschaft

Das Smart Grid lässt sich in Bezug auf seinen Aspekt als Versorgungsnetz elektrischer Energie aber auch aus einer rein physikalisch-technischen Perspektive betrachten. Dazu sollten im Unterricht insbesondere die Aspekte der Energieerzeugung, des Transports und die Speicherung elektrischer Energie thematisiert werden, sowie die potentiellen Auswirkungen auf die Gesellschaft. Konkrete Fragen sind zum Beispiel:

Was ist aus physikalischer Sicht mit „Verbrauch“ und „Erzeugung“ elektrischer Energie gemeint?
Was sind regenerative Energien?



Schülerexperimente von Studenten entworfen.



Dynamot: Spannungsgeneratoren miteinander verschalten. (Fotos: Helmuth Grötzebauch)

Was sind die Vor- und Nachteile einer Wechselstrom- oder Gleichstromübertragung?

Welche Mechanismen der Energieentwertung sind dabei bedeutsam?

Oder: Welche Probleme entstehen bei der Energieeinspeisung in das Versorgungsnetz, und warum ist die Frequenzstabilität von 50 Hz dabei von so hoher Bedeutung?

Smart Grid ist mehr als nur eine Zusammenführung aller Stromerzeuger. Angefangen vom einfachen Solarzellen-Modul und einzelner Windkraftanlagen über das Braunkohlekraftwerk bis hin zum Kernkraftwerk.

Um die Umgestaltung der elektrischen Energieversorgung mit einer neuen Netzstruktur zu koordinieren und zu realisieren, die sowohl alle einspeisenden Energiequellen berücksichtigt als auch die Steuerung der Energieverbraucher für eine günstige Auslastung der Versorgungsnetze vorsieht, ist ein neuartiges, „intelligentes“ Energieversorgungssystem geplant, das sogenannte Smart Grid, das so noch gar nicht existiert. Zu diesem Smart Grid gehört auch die komplexe Steuerung und Messdatenerfassung zwischen Erzeugern und Verbrauchern. Für die Datenerhebung und Prognose ist der Einsatz von sogenannten „Smart Metern“ vorgesehen, die die Daten der Geräte in den einzelnen Haushalten, aber auch in Industriebetrieben und anderen Großeinrichtungen flächendeckend erfassen und

an den Betreiber des Energienetzes weiterleiten.

Doch nicht nur eine optimale und wirtschaftliche Auslastung des zukünftigen Versorgungsnetzes ist das Ziel der Energiewende, sondern es geht auch um das Nutzerverhalten und die Verbrauchsdaten der einzelnen Geräte, die sogar „Begehrlichkeiten“ an den Daten hervorrufen. Für die Energieversorgungsplanung werden prinzipiell nicht die Daten jedes einzelnen Haushalts benötigt, sondern es genügen die Erhebungen von Straßenzügen oder gleichgearteten Siedlungen. Bei so einem massiven Eingriff in die geschützte Privatsphäre im „Smart Home“ dürfen Fragen des Datenschutzes nicht vernachlässigt werden.

Die Experimente

Um sich dem Themenkomplex Smart Grid aus physikalischer Perspektive nähern zu können, haben wir eine Reihe von Experimenten weiter entwickelt und im Rahmen von universitären Praxisseminaren mit Schulklassen unterrichtlich erprobt. Die Bandbreite dieser Experimente reicht vom Einsatz handbetriebener Generatoren über die Verknüpfung regelbarer Spannungsquellen bis hin zu „Hochspannungsleitungen“, bei denen z.B. die Überlastungssituation simuliert wird. Für all diese Experimente wurden die Anleitungen in Form von Skripten zusammengestellt, die im Internet frei zur Verfügung stehen. Die Anleitungen sind bewusst kurz gehalten (pro Experiment eine DIN A4-Seite). Die eingesetzten Materialien sollten sich (wie beschrieben oder in ähnlichen Varianten) in jeder schulphysikalischen Sammlung finden. Bei einigen Experimenten erweist sich der Einsatz einer Wärmebildkamera als sinnvoll. Die Anleitungen enthalten als Ankerpunkte jeweils eine kontextbezogene Fragestellung, eine Materialliste, bebilderte Versuchs- bzw. Durchführungsbeschreibungen, Hinweise auf die Ergebnisse und die Auswertung sowie weitere Anmerkungen.

Das Smart Grid wurde entwickelt, um die ungleichmäßige Einspeisung von sehr unterschiedlichen Stromerzeugern zu koordinieren. In diesem

Zusammenhang wurden einige Experimente zur Erzeugung von regenerativer Energie entwickelt. Es wird zum Beispiel die Stromerzeugung mit Solarzellen untersucht. Solarzellen können auf unterschiedliche Weise miteinander verbunden werden: als Parallelschaltung oder als Reihenschaltung. Weiterhin wird untersucht, wie eine Windkraftanlage einen Akkumulator auflädt oder ein mit Wasser gefülltes Speicherbecken betreibt. Weitere Versuche beziehen sich auf thermoelektrische und chemische Eigenschaften zur Erzeugung von Strom.

Da der Energiemarkt sich nicht nur auf den Strombereich bezieht, wird dieses Spektrum mit einem Solarkollektor für den Bereich der regenerativen Warmwassererzeugung ergänzt.

Die Experimente zum Klimawandel werden im Modell durchgeführt, mit denen die Hintergründe

der Erderwärmung nachvollzogen werden können. Dazu gehören Experimente zur Wärmeabstrahlung der Erde, zur Absorption von Sonnenlicht an der Erdoberfläche und zu den Auswirkungen der Eisschmelze an den Polen bzw. der Gletscher.

Literatur

- Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht, Aulis Verlag 2011.
- „Sonnentaler“: Wissenschaftliche Hintergründe zum Klimawandel: <https://www.sonnentaler.net/aktivitaeten/meteorologie/klima/klima-planet-ich/wiss-hintergruende/> (zuletzt aufgerufen 21.01.2018)
- Skript: Experimente für Smart Grid: http://didaktik.physik.fu-berlin.de/home/download/SG/Smart_Grid.html
- Skript zum Treibhauseffekt: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/home/download/TE/Treibhauseffekt.html>

PhysLab

Freie Universität Berlin/Didaktik der Physik
Arnimallee 14 | 14195 Berlin | Berlin



Kontakt: Helmuth Grötzebauch, Jörg Fandrich

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KL}B

Klassenstufen und Schulart(en): 9./10. Klasse Gymnasium aber auch Sekundarstufe I

Fachrichtungen: Biologie, interdisziplinär mit Chemie, Physik und Informatik verknüpft

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen mit Begleitung für das SchülerLabor, Seminare können von Schulen nicht gebucht werden!

Zeitaufwand: für Schüler 4 Zeitstunden, Betreuer 6 Stunden

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Teilweise rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt. Schülerarbeitsblätter werden separat in jedem Semester/Seminar neu entwickelt ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen ● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen ● Spiele ● Rollenspiel ● Szenariotechnik

Sieben-Labore-Tour

ein einwöchiges Wissenschaftscamp

Die „Sieben-Labore-Tour“ findet jährlich jeweils in den Herbstferien statt. Im Jahr 2016 stand sie unter dem Motto „MINT-Umweltbildung“, im Jahr 2017 war das Hauptthema „Metalle“. Fünf Tage lang haben sich 25 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 bis 11 auf Forschungsreise durch sieben MINT-Schülerlabore sowie eine geisteswissenschaftliche Lernwerkstatt begeben (2017 waren es 19 Teilnehmer). Den Jugendlichen wurde ein Einblick in den aktuellen fachwissenschaftlichen Forschungsstand bzgl. Umweltbildung gegeben, mit vielseitigen und kombinierbaren Ansätzen zu einer nachhaltigen Entwicklung. Gleichzeitig wurden ihnen aber auch die sozio-kulturellen Aspekte der MINT-Umweltbildung näher gebracht. Auch der Freizeitaspekt kam nicht zu kurz: Abends gab es teils ein Sportprogramm und teils ein Spiel- und Filmangebot. Die Sieben-Labore-Tour 2017 beinhaltete auch den Besuch eines Kletterparks zur „Teambildung“.

Die wesentliche „take-home-message“ für die Jugendlichen: Die Lösung des gesellschaftlichen Problems „Verantwortungsvoller Umgang mit Umwelt und Ressourcen“ erfordert nicht nur interdisziplinäre, sondern transdisziplinäre konzertierte Aktionen.

Die Sieben-Labore-Tour ist als solch eine Aktion konzipiert. In den einzelnen Laboren wurden im Jahr 2016 folgende Experimente durchgeführt:

Centrum für Nanoanalytik (CFN):

Magnetische Domänen sichtbar machen

Im Schülerlabor Centrum für Nanoanalytik (CFN) können die Schülerinnen und Schüler erleben, wie sich magnetische Strukturen in magnetischen Materialien bilden und unter dem Einfluss von äußeren Magnetfeldern verändern. Die Schüler führen verschiedene Experimente aus, in denen u. a. die

Beobachtung von Magnetfeldlinien und großen magnetischen Domänen mit Hilfe eines (kommerziell erhältlichen) magneto-optischen Indikatorfilms ermöglicht wird.

Schülerlabor Advanced Materials (SAM): Handyrecycling:

Die Schüler untersuchen die im Handy enthaltenen Rohstoffe durch Vergleich mit einer sogenannten „Rohstoffbox“, die neun Erze enthält. Dabei werden wichtige Materialeigenschaften wie Form, Farbe, Dichte, Magnetismus und Härte entscheidend für die Einordnung genutzt. Die Schüler erfahren die Namen der einzelnen Erze, ordnen diese den entsprechenden Elementen im Periodensystem und lernen diese Stoffeigenschaften zusätzlich in weiteren Versuchen kennen. Entscheidend für die Motivation der Schüler ist die Demontage der Handys und die Zuordnung der einzelnen Teile.

SinnTec:

Effizienz von Lichterzeugung

Die Schülerinnen und Schüler lernen die Funktionsweise einer LED-Farbanzeige, wie er ihnen von OLED-Displays aus dem Handy bekannt ist, kennen und erproben diese an einem speziell dafür erstellten Versuchsaufbau. Hierbei wird die höhere Energieeffizienz von LEDs gegenüber Glühlampen, vor allem beim Dimmen, betont. Die Vor- und Nachteile von Glühlampe, z. B. hohe Abwärme, also geringe Energieeffizienz, und LED werden diskutiert. Ein Fototransistor erlaubt den Vergleich der Helligkeiten bei verschiedenen Strömen und Spannungen, aus denen die elektrische Leistung errechnet wird. Mit additiver Farbmischung von roten, grünen und blauen LEDs in Verbindung mit einer Pulsweitenmodulation werden „Pixel“ erstellt, in denen aus den drei Grundfarben alle anderen Farben erzeugt



Die Teilnehmer der Sieben-Labore-Tour 2017.

(Foto: NanoBioLab)

werden. Diese Möglichkeit wird in neuen Lampensystemen eingesetzt, um z. B. im Tagesverlauf unterschiedliche Lichtstimmungen zu erzeugen, bei sehr hoher Energieeffizienz. Anschließend bestücken die Schüler eine Platine mit Bauteilen und löten diese dann fest. Die Blinkfrequenz einer roten, einer grünen und einer blauen LED kann über ein Drehpotentiometer von wenigen Hertz bis zu etwa 100 Hertz stufenlos variiert werden. Die selbstgestellte Platine nehmen die Schüler mit nach Hause.

SALINE Solar- und Windlabor: Effizienz bei erneuerbaren Energien

In den SALINE-Laboren (Saarländische Lerninitiative für nachhaltige Energienutzung) werden Experimente in den Bereichen Solarenergie (Solarthermie und Photovoltaik) und Windenergie durchgeführt.

Solarthermie-Experimente: Ziel ist die Ermitt-

lung von Aufheizkurven von Solarabsorbern, welche mit unterschiedlichen Materialien lackiert bzw. beschichtet sind. Die Bedeutung von selektiven Beschichtungen bei solarthermischen Kollektoren wird auf diese Weise veranschaulicht. Die Schüler ermitteln die Aufheizkurven unterschiedlicher Solarabsorber.

Photovoltaik-Experimente: Es werden Leerlaufspannungen und Kurzschlussströme einer Solarzelle ermittelt, welche einer Strahlungsquelle ausgesetzt wird. Es wird ein Solarzellen-Wirkungsgrad ermittelt und die U/I-Kennlinien bei verschiedenen Bestrahlungsstärken aufgenommen.

Windenergie-Experimente: Die Schüler erhalten in phänomen- und messorientierten Versuchen erste Einblicke in den Bereich Stromerzeugung aus Wind. Dazu wird ein Windradmodell aufgebaut. Neben der Windentstehung werden auch topo-

graphische Aspekte zur Auswahl eines geeigneten Standorts für eine Windenergieanlage betrachtet. Die Schüler variieren Abstand, Windgeschwindigkeit, Rotor sowie bei einem Rotor zusätzlich noch den Anstellwinkel. So wird eine Leistungscharakterisierung/Leistungsvermessung durchgeführt.

Lab-in-a-box: Klebstoffe in Natur und Technik

Das Phänomen des „Klebens“ basiert im Wesentlichen auf Adhäsionskräften, aber teilweise auch auf Reibungskräften. Mit Hilfe einer schiefen Ebene (mit variablem Neigungswinkel) und verschiedenen Testkörpern (in Form von unterschiedlich besohlenen Schuhmodellen) wird der Einfluss verschiedener Parameter auf die Größe der Haft- und Gleitreibungskraft bestimmt. Neben Reibungskräften wird das Thema „Klebstoffe in Natur und Technik“ durch eine Vielzahl weiterer Experimente vertieft, wie z. B. „Gummibärchenklebstoff“, Libellen- und Gecko-pads oder Wasser als Klebstoff.

Schülerumweltlabor:

Analyse heimischer Gesteinsproben, Böden und Quellwässer

Im Schülerumweltlabor der Fachrichtung Geographie konnten die Schülerinnen und Schüler unterschiedliche geoökologische Fragestellungen in mehreren Einzelexperimenten bearbeiten. Hierzu wurden Gesteinsproben (Roter Buntsandstein und Muschelkalk), Bodenproben (Braunerde unter Nadelwald und Braunerde unter Ackerfläche) und zwei Quellwasserproben (Frieda-Ruhe-Brunnen und Gangelbrunnen) aus dem Biosphärenreservat Bliesgau (südöstliches Saarland) untersucht.

Die Gesteinsproben werden mit Hilfe der Carbonatbombe auf ihren Kalkgehalt hin untersucht. Buntsandstein enthielt erwartungsgemäß keinen Kalk, der Muschelkalk ca. 70%. Mit Hilfe eines elektrischen pH-Meters erfolgte die Bestimmung des pH-Werts der Bodenlösungen (nach Zentrifugation). Die Braunerde unter Nadelwald hatte einen pH-Wert von ca. 5,5 bis 6, die Braunerde unter Ackerfläche von ca. 6,5 bis 7. Für die Quellwasser-

proben wurde pH-Wert und Nitratgehalt ermittelt. Es ergab sich, dass der Frieda-Ruhe-Brunnen saures, nitratarmes, weiches Wasser fördert, der Gangelbrunnen neutrales, nitratreiches und sehr hartes Wasser.

Bei der Zuordnung der Gesteins-, Boden- und Wasserproben zueinander kamen die Schüler zu dem Ergebnis, dass der Frieda-Ruhe-Brunnen im Bereich des Buntsandsteins verortet ist. Aufgrund des fehlenden Kalks in diesem Gestein versauert der Boden dort, er eignet sich dadurch nicht für landwirtschaftliche Nutzung, so dass das Gebiet forstwirtschaftlich genutzt wird. Die dort wachsenden Nadelbäume verstärken den Versauerungsprozess. Gleichzeitig bleibt das Wasser weich, reagiert wie der Boden sauer, ist dafür aber nitratarm, da keine landwirtschaftliche Beeinträchtigung durch Düngung erfolgt. Umgekehrt ordnen die Schüler den Gangelbrunnen in den Bereich des Muschelkalks ein. Aufgrund des hohen Kalkanteils im Gestein ist der Boden dort nahezu neutral, so dass er sich gut für landwirtschaftliche Nutzung eignet. Gleichzeitig ist das Wasser hart, reagiert aber neutral, und ist nitratreich, was durch die landwirtschaftliche Beeinträchtigung durch Düngung zu erklären ist.

NanoBioLab:

Bioethanol – ein regenerativer Energieträger für eine nachhaltige Zukunft?

Mittels alkoholischer Gärung und anschließender Destillation wird untersucht, wie aufwendig die Gewinnung von Bioethanol ist. Hierzu wird als möglicher nachwachsender Rohstoff Rohrzucker verwendet und mit Hilfe von Hefe zu Alkohol vergoren. Da Hefe ab einem Ethanolgehalt von ca. 17% abstirbt wird ein höherer Ethanolgehalt mithilfe einer Destillation erreicht.

Zur Untersuchung der Zündfähigkeit von Bioethanol wird eine Filmdose mit Deckel und eingebautem Zünder verwendet. Wenige Tropfen von Ethanol werden in die Filmdose gegeben und gezündet. Mithilfe dieses Modellexperiments kann die Funktionsweise eines Otto-Motors demonst-

riert werden und damit auch gute Zündbarkeit als eine Anforderungen an einen möglichen Kraftstoff. Anhand der Strukturformel von Ethanol werden Hypothesen für mögliche Verbrennungsprodukte aufgestellt. Mit einfachen Nachweisreaktionen, wie dem Nachweis von Wasser mit wasserfreiem Kupfersulfat oder der Kalkwasserprobe zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid, werden die aufgestellten Hypothesen dann überprüft. Bei konventioneller Verwendung von Bioethanol wird dieses mit Benzin gemischt (z. B. E10). Zur optischen Überprüfung der Mischbarkeit wird Benzin (n-Heptan) mit Paprikapulver rot angefärbt. Mit dieser Lösung wird dann eine Mischreihe aufgestellt (E10, E20, E30 ...)

Anhand der Versuche wird resümiert, welche Vorteile Bioethanol gegenüber Benzin hat. Der wichtigste Aspekt dabei ist die Tatsache, dass Bioethanol nachwachsende Rohstoffe aus der Natur nutzt und die Loslösung von fossilen Energieträgern bedeuten kann.

Lernwerkstatt der Philosophie:

Ethische Fragen

Zum Abschluss der Sieben-Labore-Tour fanden

sich die Teilnehmer plötzlich in ganz unvertrauten Rollen wieder: Nach Losentscheid landeten sie als Staatssekretärin des Wirtschaftsministeriums, als Chef-Funktionär eines Biobauernverbands, als Lobbyvertreter von Elektromobilität, Erdölindustrie oder Saatgutkonzernen, als Motorenentwickler eines großen deutschen Autobauers, als Umweltschützerin, Gentechniker, Entwicklungshelferin oder einfach als Politiker der aktuellen Bundestagsfraktionen in einem Fachausschuss. Der hatte sich mit schwierigen Fragen herumzuschlagen: Ist es sinnvoll den Ethanolgehalt im Ottomotorentreibstoff gesetzlich zu erhöhen? Was sind die Folgen für Wirtschaft, Natur und Mensch – hier und anderswo? Die Schülerinnen und Schüler spielten in Eigenregie eine Experten-Anhörung im Bundestag durch. Die Aussprache der Politiker im Anschluss war ebenso faktenreich wie lebendig. Am Ende waren die Politiker sich dann einig: Der Ethanolanteil im Benzin soll nochmals erhöht werden – aber nur bis 2030. Ab dann dürften nur noch Elektroautos auf die Straße. Denn die Kraftstoffproduktion aus sogenannten Energiepflanzen steht in Konkurrenz zur Nahrungsproduktion.

Saarländischer Schülerlaborverbund SaarLab

Kontakt: Prof. Dr. Dr. h.c. Rolf Hempelmann (SaarLab-Sprecher)
Schulbüro der Universität des Saarlandes, Dagmar Weber
Campus A2.1 | 66123 Saarbrücken | Saarland



Klassenstufen und Schulart(en): Klassenstufe 9–11, Gymnasien und Gemeinschaftsschulen

Fachrichtungen: MINT, interdisziplinär

Angebot für: interessierte Schülerinnen und Schüler, individuell

Didaktische Methoden: ● tagsüber unterschiedliche Arten des Experimentierens, abends sportliches Rahmenprogramm und gemeinsame Freizeitaktivitäten

Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung

Wie wird der Meeresspiegel in Zukunft ansteigen? Wie lange stehen die fossilen Energieträger noch zur Verfügung? Wie hängen Smartphones, Umweltschutz und Menschenrechte zusammen? Und woher beziehen wir die Daten und Informationen über diese Themenkomplexe? – Im Modul „Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung“ im Rahmen des Angebots „Naturwissenschaft und Nachhaltigkeit“ am Science Lab UZH der Universität Zürich befassen sich Kursteilnehmer aus der Sekundarstufe II mit wissenschaftlichen Prozessen und deren Auswirkungen. In dem aus 4 Kursen zusammengesetzten Modul setzen sie sich damit auseinander, wie komplexe Fragestellungen rund um das Thema Nachhaltigkeit in der Forschung thematisiert werden, wie sich aus diesen Fragestellungen wissenschaftliche Erkenntnisprozesse entwickeln, und wie die dadurch gewonnenen Erkenntnisse von Wirtschaft und Politik aufgenommen und umgesetzt werden.

Ein besonderer Fokus des Moduls liegt hierbei darauf, welche Möglichkeiten der Datenerhebung es gibt, welche Bedeutung sogenannte „Nicht-wissenschaftler“ bei der Qualitätssicherung wissenschaftlicher Untersuchungen haben und wie widersprüchliche Forschungsergebnisse in einem wissenschaftlichen Kontext diskutiert werden. Die Kursteilnehmer durchlaufen eigenständig den Prozess „von Daten hin zur politischen Entscheidung“: Sie erheben und evaluieren Daten, integrieren diese Daten in wissenschaftliche Projekte und diskutieren, wie die Ergebnisse dieser Projekte zukünftige Entscheidungen in der Politik beeinflussen könnten.

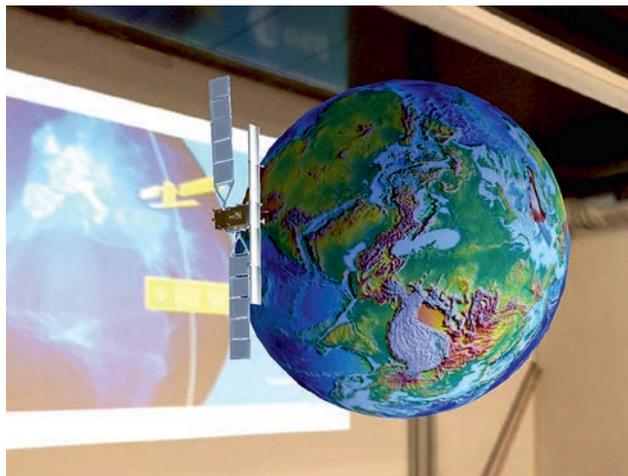
Das Modul „Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung“ ist nach den neuesten didaktischen und wissenschaftlichen Erkenntnissen in Bezug auf „MINT“-Förderung konzipiert.

Schülerinnen und Schüler erhalten durch ein Modul mit mehreren Kursen die Möglichkeit, sich vertieft und über einen längeren Zeitraum hinweg mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen. Sie profitieren durch den logischen Kursaufbau von einem zusammenhängenden roten Faden, der ihnen ermöglicht, sich intensiv mit komplexen Fragestellungen auseinanderzusetzen. Der Effekt ist so deutlich nachhaltiger, als bei einem einmaligen Kursbesuch. Die intensive Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen und die Förderung der persönlichen Identifikation wird im Modul über didaktische Elemente wie Projektarbeiten, Gruppendiskussionen und der selbstständigen und aktiven Auseinandersetzung mit offenen Fragestellungen erreicht. Der Einsatz von Kreativität, verschiedenen Kommunikations- und Arbeitsformen, Visualisierungen und Interdisziplinarität spricht vor allem Mädchen und junge Frauen an. Die Kursteilnehmer üben problemgeleitetes Denken. Sie erleben, was es bedeutet mit einer wissenschaftlichen Problemstellung konfrontiert zu sein, auf welche Weise Lösungen gesucht werden können und wie man zu einer Erkenntnis kommt. Sie verstehen mit offenen Fragestellungen umzugehen, bei denen es keine „Ja/Nein“- bzw. „Richtig/Falsch“-Antworten gibt. Damit erarbeiten sie sich nicht nur die Grundsätze der „Nature of Science“, sondern eine der wichtigsten Kompetenzen im 21. Jahrhundert: Problemlösefähigkeit.

Im Modul setzen sich die Schülerinnen und Schüler intensiv mit dem Thema Nachhaltigkeit auseinander. In diesem Zusammenhang wird Nachhaltigkeit als politisches Leitbild des 21. Jahrhunderts beleuchtet, welches die globale Diskussion um die Zukunft von Umwelt und Gesellschaft bestimmt und somit direkten Einfluss auf ihr tägliches Leben hat. Sie werden im Modul mit

den Leitmärkten der Zukunft vertraut gemacht, wie z. B. Klimaschutz, Ressourceneffizienz und zukunftsfähige Energieversorgung. Sie können das Wirtschaftspotential und den entsprechenden Bedarf an Fachkräften einordnen und erhalten einen Einblick in mögliche zukünftige Berufstätigkeiten und Karrieren im Bereich Nachhaltigkeit. Durch die interdisziplinäre Herangehensweise des Moduls und die übergeordneten Themenkomplexe werden die Fachgrenzen überschritten und dementsprechend unterschiedliche, fachspezifische Inhalte miteinander verknüpft. So werden zum Beispiel das elektromagnetische Spektrum und thermophysikalische Stoffeigenschaften thematisiert, Biostatistik und numerische Simulation behandelt, sich mit Biodiversität und Phänologie auseinandergesetzt, Methoden aus der Informationstechnologie, Bildverarbeitung und Geoinformatik verwendet, und sich mit dem Kohlenstoff- und Wasserkreislauf der Erde auseinandergesetzt. Diese fachspezifischen Inhalte sind hierbei in aktuelle Forschungsschwerpunkte der Universität eingebettet. Das Ziel dieser Forschungsschwerpunkte im Sinne einer strategischen Entwicklungsplanung ist es, ausgewählte Wissenschaftsbereiche basierend auf bestehender exzellenter Forschungskompetenz innerhalb der Universität zu stärken und zu vernetzen, um eine nachhaltige Entwicklung in gesellschaftlich relevanten Bereichen anzuregen. Damit den Schülerinnen und Schülern ein möglichst authentischer Einblick in diese Forschungsvorhaben ermöglicht werden kann, sind Forschende aus den jeweiligen Forschungsschwerpunkten aktiv in das Modul eingebunden, sei es durch Vorträge, Arbeitsplatzbesuche, Mitkonzeption der Inhalte und als Unterstützung bei der Durchführung der Kurse.

Das Modul besteht aus vier Kursen, die auch einzeln am Science Lab UZH buchbar sind: „Wissenschaft und Forschung hautnah“, „Archaeopteryx“, „Naherkundung – Fernerkundung“ und „Citizen Science“. Das Besondere am Modulverband dieser Kurse ist, dass es sich nicht um eine einfache Aneinanderreihung der Kurssequenzen handelt, sondern



Einsatz von ansprechenden Visualisierungsformen (z. B. Augmented Reality) für ein verbessertes Verständnis komplexer Zusammenhänge.

eine starke thematische Verknüpfung der jeweiligen Kursinhalte stattfindet. Zwischen den einzelnen Kursen ist zudem eine Zeitspanne von mindestens zwei Wochen angedacht, um die erworbenen Kompetenzen und Erkenntnisse zu reflektieren und zu festigen. Darüber hinaus bearbeiten die Schüler zwischen den Kursen verbindliche Aufgaben, die sowohl zur Nachbereitung des vorhergehenden als auch zur Vorbereitung des folgenden Kurses dienen. Dies soll nicht nur die Verknüpfung der Inhalte fördern, sondern auch die Einbettung des Gelernten in einem breiteren gesellschaftlichen Kontext verbessern. Die Kursinhalte sind hierbei so konzipiert, dass eine Integration und Evaluation in den schulischen Lehrveranstaltungen möglich ist. Somit wird ein anhaltender und begleiteter Erkenntnisgewinnungsprozess gefördert, welcher eine gute Vernetzung und Übertragbarkeit des eigenen/erworbenen Wissens gewährleistet.

Im ersten Kurs des Moduls „Wissenschaft und Forschung hautnah“ erarbeiten sich die Schüler eigenständig das Vorgehen eines wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Sie entwickeln dafür ein Verständnis, wie sich Wissen im Wandel der Zeit verändert und wie widersprüchliche Forschungsergeb-

nisse diskutiert werden können. Damit verbunden ist ein in Kleingruppen durchgeführter Arbeitsplatzbesuch bei Forschenden aus den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fachbereichen an der Universität Zürich. Dort findet ein Austausch über den Forschungsalltag statt, und die Kursteilnehmenden können erleben, wie wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung funktioniert. In diesem Teil des Moduls stehen der Einsatz und Erwerb von personalen, sozialen und methodischen Kompetenzen im Vordergrund.

Im darauffolgenden Kurs „Archaeopteryx“, erkunden die Kursteilnehmenden das Wesen der Naturwissenschaft („Nature of Science“). Am Beispiel des Archaeopteryx lernen sie, dass naturwissenschaftliches Wissen in einem stetigen Wandel ist und Erkenntnisgewinnung nicht nur logisches Denken, sondern auch Einfallsreichtum und Kreativität erfordert.

Im dritten Kurs des Moduls, „Nacherkundung – Fernerkundung“, machen sich die Kursteilnehmenden mit den Grundlagen der Erdbeobachtung und deren Bedeutung für die Umweltwissenschaften vertraut, insbesondere im Hinblick auf die Erfassung von Umweltvariablen mit Bezug zum Klimawandel und der Kartierung von dessen Auswirkungen. Sie lernen im Rahmen eigenständig konzipierter und durchgeführter Projekte mögliche Vorgehensweisen für eine erfolgreiche Beantwortung geografischer Forschungsfragen.

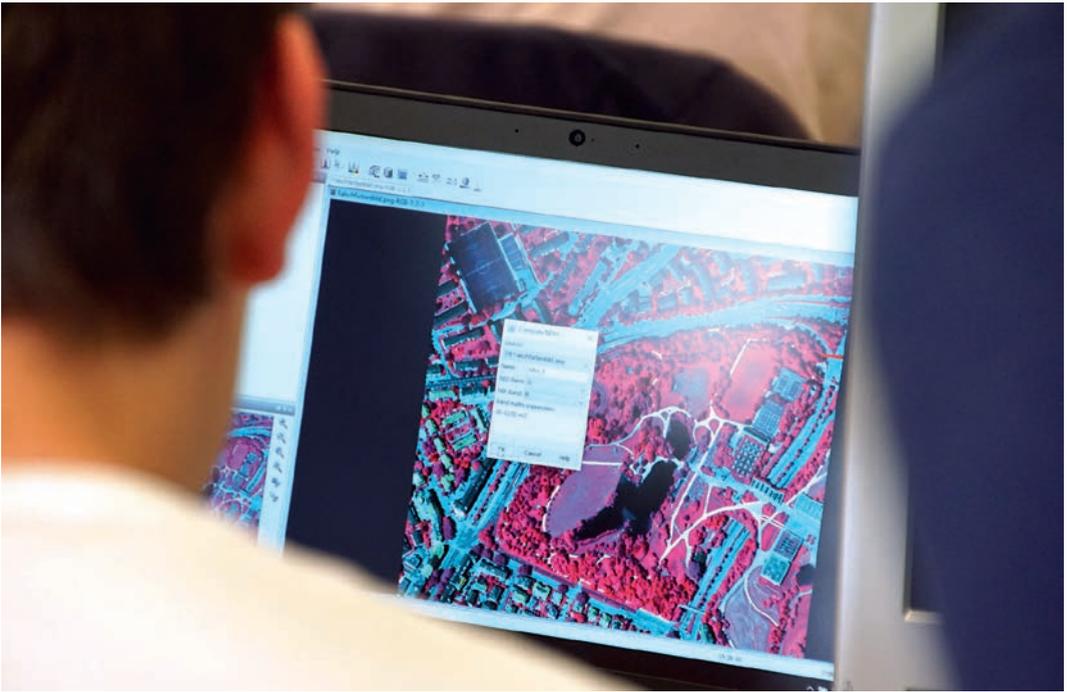
Im letzten Kurs des Moduls, „Citizen Science“, führen die Schülerinnen und Schüler aufbauend auf dem bereits erworbenen Wissen und Können eigenständig Projekte zum Thema Nachhaltigkeit durch. Dies beinhaltet die Entwicklung entsprechender Fragestellungen/Hypothesen, die konzeptionelle Erarbeitung der Projekte inklusive Datenerhebung und -auswertung, und die Präsentation,

Diskussion und kritische Hinterfragung der eigenen Ergebnisse. Die Kursteilnehmer lernen verschiedene Konzepte der Datenerhebung kennen und haben die Möglichkeit, selbstständig Daten über unsere Umwelt zu erheben. Hierfür kommen neben wissenschaftlichen Messinstrumenten auch ihren eigenen Smartphones zum Einsatz.

Im Verlauf des gesamten Moduls lernen die Kursteilnehmenden die Ergebnisse ihrer Projekte einzuordnen. Sie befassen sich mit der Frage, in wie weit diese von wirtschaftlichem Interesse sein könnten oder ob sie geeignet wären, um als Entscheidungshilfe für zukünftige Vorhaben und Beschlüsse in der Politik zum Thema Nachhaltigkeit und Klimawandel zu dienen.

Arbeit mit modernen Technologien der Datenerhebung, wie zum Beispiel Drohnen und Smartphones.





Auswertung von selbst erhobenen Geodaten mit frei verfügbaren Software-Paketen.

(Fotos: Thomas Korner)

Science Lab UZH

Universität Zürich

Winterthurerstrasse 190 | 8057 Zürich | Schweiz



Kontakt: Dr. Désirée Anja Jäger, Dr. Reik Leiterer

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KW}

Klassenstufen und Schulart(en): Sekundarstufe II/Gymnasiale Oberstufe

Fachrichtungen: Geographie, Informatik, Biologie, Chemie, Physik, Mathematik

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: 4 Kurstage (jeweils 7 Stunden), zusätzlich Nachbereitungs-/Vorbereitungszeit zwischen den Kurstagen

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen ● Freies Arbeiten. Schüler können eigene Fragestellungen entwickeln und erforschen ● „hands-on“-Exponate ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen ● Rollenspiel ● Szenariotechnik

Leicht und wendig für die Zukunft

Ein Planspiel zur Zukunftstechnologie Leichtbau und zur Berufsorientierung, entwickelt von explorhino und dem Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen der Hochschule Aalen

explorhino, die Werkstatt junger Forscher an der Hochschule Aalen, ist ein Schülerlabor und außerschulisches Forschungszentrum, das für Kinder und Jugendliche die Faszination der Naturwissenschaften und der Technik erlebbar macht. Die Kurse und Veranstaltungen in explorhino vermitteln Erfahrungen und Wissen, damit die Heranwachsenden ihre Umwelt besser verstehen und zu informiertem Handeln befähigt werden. Studien- und Berufsorientierung sind ab der Sekundarstufe Bestandteil der explorhino-Kurse. Ein zentrales Anliegen ist explorhino, die MINT-Bildung (Bildung in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) als Grundlage für nachhaltiges Handeln mit BNE (Bildung für Nachhaltige Entwicklung) zu verbinden. Vor diesem Hintergrund wurde das hier vorgestellte Planspiel „Leichtbau“ im Auftrag der Leichtbau BW¹ für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 8 bis 11 an allgemeinbildenden Schulen entwickelt.

Dieses Best Practice-Beispiel vermittelt erlebnisorientiert die Philosophie der Leichtbautechnologie und macht den Kontext zu Ressourcenschonung und nachhaltiger Energiewirtschaft sichtbar. Gleichzeitig nimmt es wirtschaftliche Überlegungen und die Interaktion der Akteure in einem Produktentwicklungsprozess in den Fokus. In einer Praxisaufgabe wird forschend lernend Leichtbautechnologie als zentrale Nachhaltigkeitsstrategie angewendet. Leichtbau ist eine Zukunftstechnologie mit immenssem volkswirtschaftlichem Veränderungspotential. Im Sinne der Nachhaltigkeit können durch neue Konstruktionen, Fertigungstechniken

und Materialien Materialressourcen eingespart und der Energieaufwand bei Herstellung und Transport vermindert werden, was sich auf die wirtschaftlichen Kosten und die Arbeitsbedingungen bei der Ressourcengewinnung, im Produktionsprozess und in der Logistik auswirkt.

Ein Planspiel inszeniert ein fiktives, aber mögliches Szenario, in welchem die Mitspieler verschiedene Rollen einnehmen. Jeder versucht, die spezifischen Interessen dieser Rolle zu vertreten. Ein Planspiel verlangt den Lernenden Handlungsentscheidungen ab, deren Auswirkungen im weiteren Verlauf des Spiels überprüft werden. Das Spiel folgt vorgegebenen Spielregeln.

Mit dem vorliegenden Planspiel wird der Entwicklungsprozess eines neuen Produktes in einem fiktiven Unternehmen von der Auftragsvergabe bis zur Auslieferung des Produktes nachvollzogen. Dieses fächerübergreifende Planspiel kann zur Anwendung und Vertiefung verschiedener Leitideen des Bildungsplans verwendet werden. Unter anderem sind Bezüge zur Mechanik, Leichtbau als Konzept, zu technischem Zeichnen und Konstruktion, zu Nachhaltigkeit, CO₂-Footprint, Ressourceneffizienz, Materialkunde, Bionik, Entrepreneurship und zu unternehmerischem Agieren angelegt. Die Fertigungsaufgabe ist innerhalb des Maschinenbaus angesiedelt und eingebettet in einen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zusammenhang. Der Idee eines Planspiels folgend schlüpfen die Mitspieler während des Spiels in verschiedene Rollen im Unternehmen und erleben deren Sichtweisen und Handlungskriterien. Sie üben sich in Teamarbeit und müssen gleichwohl hierarchische Strukturen beachten.

¹ Die Leichtbau BW GmbH ist als 100-prozentiges Landesunternehmen eine baden-württembergische Landesagentur zur Wirtschafts- und Wissenschaftsförderung.

Ziele des Planspiel Leichtbau von explorhino:

- Den Prozess der Produktentstehung anhand einer Konstruktionsaufgabe im Zeitraffer erleben
- Erlebnis von Entrepreneurship in einem realitätsnahen, unternehmerischen Wettbewerbsszenario
- Leichtbau als Konzept für nachhaltiges Handeln und Ressourcenschonung kennenlernen
- Technisches Zeichnen in den Grundzügen erlernen/wiederholen
- Das Zusammenspiel der unterschiedlichen Aufgaben in einem Unternehmen wahrnehmen und sich selbst darin positionieren

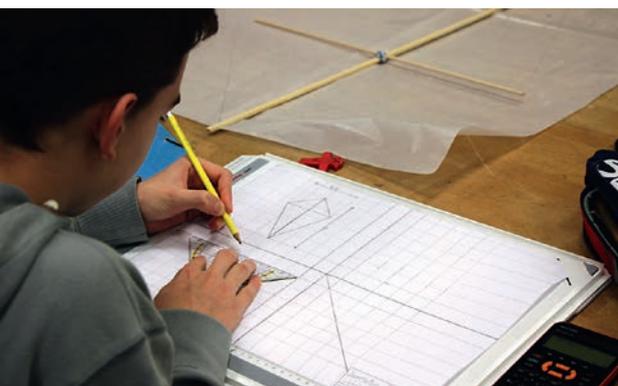
Um einen möglichst hohen Planspielcharakter zu erzeugen spielt das explorhino-Planspiel in einem fiktiven Land „Planotopia“. Den Akteuren sind Rollen zugewiesen und die Spielweise ist rundenbasiert.

In der ersten Runde versetzt das Spiel die Schüler in die Zukunft im Land Planotopia. Die unter Umweltaspekten umstrittenen Windräder sollen Vergangenheit werden. Für eine Versuchsanlage sucht die Regierung ein Unternehmen, welches einen leichten und dennoch stabilen Drachen bauen kann, denn zukünftig könnten – so die Pläne der Regierung – Winddrachen Maschinen antreiben. Hierfür schreibt die Regierung einen Wettbewerb an

Start-Up-Unternehmen aus. Am Schluss wird das Produkt nach den Kriterien Leichtigkeit, Ressourcenschonung, Kosten, Konstruktion, Einmaligkeit und Flugfähigkeit bewertet werden. Ausdrücklich sind die Leichtigkeit und die Ressourcenschonung die wichtigsten Kriterien. Die Flugfähigkeit fließt auch deshalb nicht als Hauptkriterium in die Wertung ein, um nicht von den oben genannten Zielen des Planspiels abzulenken. Die Schüler bilden in Vierer-Gruppen mehrere Start-Ups, die sich dem Wettbewerb stellen. Das notwendige Fachwissen über Leichtbau eignen sie sich über eine mitgelieferte Präsentation an.

Noch in der ersten Runde, mit der Skizzierung eines Modelldrachens und der Auswahl der Materialien, nehmen die Schüler ihre Rollen ein. Diese lenken den Blick auf die Softskills für bestimmte Positionen im Unternehmen.

Der Geschäftsführer/ die Geschäftsführerin leitet das Start-Up verantwortlich und behält alle Aspekte (Leichtbau, Kosten und Ressourceneffizienz) im Blick. Nur dadurch kann das Unternehmen das erfolgreichste Produkt auf den Markt bringen. Seine/ihre Entscheidung übertrifft die der anderen Teammitglieder. Er/sie ist Ansprechpartner für den Stakeholder und präsentiert in Runde 5 (Flugtauglichkeit und sonstige Produkteigenschaften) das fertige Produkt mit aller Überzeugungskraft, um



In der dritten Spielrunde haben die technischen Zeichner den Hut auf.



In Spielrunde 4 wird und unter der Aufsicht des Konstrukteurs, also Ingenieurs gebaut.



Zur Verfügung stehen einfache Materialien: zum Beispiel acht Sorten Stäbe aus Holz, Aluminium, Stahl, Glasfaser und Carbonfaser in jeweils drei Längen.

den Wettbewerb zu gewinnen.

Die Materialauswahl (Runde 2) wird vom „Einkauf- und Ressourcenmanagement“ getroffen. Dieses achtet darauf, dass der Drache möglichst leicht, aber dennoch stabil wird, Umweltaspekte berücksichtigt sind, beim Bau sparsam mit den Baumaterialien umgegangen wird und das Budget eingehalten wird.

Der technische Zeichner bringt in Runde 3 die Konstruktionsidee der Gruppe nach allen Regeln der Kunst zu Papier und hat als Experte hierbei den Hut auf. Wenn ein kleines Unternehmen einen großen Auftrag bekommt, muss jeder Mitarbeiter alles können. Darum werden die Anfertigungen einzelner Ansichten an die Arbeitskollegen im Unternehmen delegiert.

Die „Konstruktion/Fertigung“ schließlich ist in Runde 4 verantwortlich für die im Team zu leistende qualitativ hochwertige Umsetzung der Vorgaben aus der technischen Zeichnung. Auch berechnet sie über die Fläche und das Gewicht des fertigen Drachen den Leichtbauindex.

In jeder Runde müssen von den Start-Ups Entscheidungen getroffen und deren Konsequenzen als Gruppe getragen werden. So stehen verschiedene Materialien zur Verfügung, welche zur leichteren Beurteilung jeweils kurz charakterisiert sind. Es wurde bewusst ein Produkt gewählt, dass an die All-

tagswelt der Mitspieler anknüpft, denn Kiten liegt voll im Trend. Die Konstruktion des Drachens kann frei und kreativ erfolgen – und dafür ggf. nicht fliegen – oder – weniger innovativ – die klassische Drachenform übernehmen. So stellen die Mitspieler selber die Weichen.

Nach jeder Runde findet eine Zwischenbewertung statt. Hierfür steht der Lehrkraft ein vorformatiertes und vorprogrammiertes Excel-Dokument zur Verfügung, in das einfach die Materialien, Messwerte und Beurteilungen eingetragen und in Wertungspunkte umgerechnet werden. Den Abschluss

des Events stellt die Siegerehrung dar. Die Lehrkraft in der Rolle der Jury und Regierung kann die Siegerehrung so gestalten, dass jedes Team für seine Stärken gewürdigt wird. Teams z. B., deren Drachen gar nicht fliegen, können ggf. in der Kategorie „geringste Umweltwirkung“ noch einen Zusatzpreis erhalten. Teams, denen die praktische Umsetzung gar nicht liegt, die ihr Produkt dennoch ansprechend präsentieren, werden zwar nicht den Zuschlag zum Drachenbau vielleicht aber ein Stipendium für ein Studium in der Werbebranche erhalten.

Das Planspiel ist auf 6 Unterrichtseinheiten konzipiert. Wie viele es tatsächlich umfasst, liegt auch in der Hand der Lehrperson. Das Spiel ist so angelegt, dass es mühelos an die individuelle Klassensituation und an die Möglichkeiten in der Schule angepasst werden kann. Für Schülergruppen, die technisches Zeichnen noch nicht gelernt haben, liegt eine Präsentation bei, welche die Grundlagen vermittelt. Alternativ besteht durch Wegfall der dritten Runde (exaktes technisches Zeichnen) die Möglichkeit abzukürzen. Ebenso kann die Lehrkraft aber auch eigene weitere Spielrunden einzufügen. Verfügt die Schule z. B. über ein CAD-System und evtl. einen 3D-Drucker, kann die Lehrkraft diese und somit moderne Digitalisierung/Industrie 4.0 in das Spiel einbeziehen. Um die Wissensvermittlung über Leichtbau vom eigentlichen Spiel zu trennen,

kann diese zum Beispiel auch in Form einer GFS vor der Durchführung des Spiels im regulären Unterricht abgehandelt werden. Empfehlenswert und als weiterer Beitrag zur Berufsorientierung zu sehen ist ein ergänzender Besuch in einem Unternehmen, in dem Leichtbau zur Unternehmensstrategie gehört, oder in einer Hochschule wie der Hochschule Aalen, in welcher an Leichtbau geforscht wird.

Alle Materialien und Dokumente inkl. Lehrerleitfaden und Schülerhandouts zum Leichtbau Planspiel von explorhino sind in einem tragbaren Holzkoffer verstaut und können über den Postversand ausgeliehen werden.

Susanne Garreis

Literatur

■ Holzbaur, U. und Marx, I. (Hrsg.) (2011). Handlungs- und Erlebnisorientierung in der tertiären Bildung, Aalener Schriften zur Betriebswirtschaft Band 6, Shaker Verlag, S. 75.



Spielrunde 5: Nachdem zur Bestimmung der Leichtbaubewertung die Fläche des Drachens berechnet und das Gewicht gewogen ist, wird die Flugtauglichkeit getestet. (Fotos: explorhino)

explorhino Schülerlabor an der Hochschule Aalen

Hochschule Aalen

Beethovenstraße 1 | 73430 Aalen | Baden-Württemberg

Kontakt: Dr. Susanne Garreis

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFWBU}

Klassenstufen und Schularf(en): Klasse 8–11, alle Schularten

Fachrichtungen: fachübergreifend Naturwissenschaft und Technik, Wirtschaft, Gemeinschaftskunde

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppen mit 12 bis 32 Teilnehmern

Zeitaufwand: je nach Ausführung 6 bis 10 Schulstunden

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Geführt forschendes Experimentieren ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen ● Rollenspiel ● Planspiel: Bei einem Planspiel wird das Modell einer Situation zugrunde gelegt. Dieses fiktive, aber mögliche Szenario verlangt den Lernenden Handlungsentscheidungen ab, deren Auswirkungen im weiteren Verlauf des Spiels überprüft werden. Jeder Teilnehmer/ jede Teilnehmerin übernimmt eine zugewiesene Rolle und versucht, spezifische Interessen zu vertreten. Das Spiel folgt vorgegebenen Spielregeln



Umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Themen im Schülerlabor differenziert gestalten: „Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit – Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler“

Die Globalisierung und die sich immer schneller verändernde Gesellschaft, etwa durch die Digitalisierung, führen zu wachsender Diversität und Heterogenität in schulischen Lerngruppen. Auch in der außerschulischen Bildung begegnet man dieser zunehmenden Diversität und Heterogenität immer häufiger. Wichtige Ziele, wie ein Umdenken für mehr Nachhaltigkeit in Naturwissenschaft und Technik, müssen aber alle Menschen erreichen, also auch solche Lernende, die nicht zum oberen Leistungsspektrum zählen, ein geringes Interesse an Naturwissenschaften und Technik zeigen oder Nachteile in ihrer Bildungsbiographie erfahren haben.

Im Netzwerk MINT.ub geben 54% der MINT.ub-Schülerlabore an, dass sie kulturelle Unterschiede und sprachliche Defizite berücksichtigen; 40% sind es bei denjenigen, die sich nicht als MINT.ub-Schülerlabor verstehen (LernortLabor, 2017). Allerdings ist nicht immer klar dargelegt, wie die konkrete Umsetzung aussieht. Auch richtet sich eine spezifische Förderung in Schülerlaboren häufig immer noch eher an naturwissenschaftlich begabte und interessierte Schülerinnen und Schüler. Im Sinne einer Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung sollten unseres Erachtens aber gerade auch die Schülerlabore das Ziel haben, möglichst viele Schüler gemäß ihren Lernvoraussetzungen zu erreichen und dabei insbeson-

dere auch solche zu fördern, die Nachteile in ihrer Bildungsbiographie erleben mussten.

Das Ziel des Projekts „Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit – Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler“ ist es, ein für jede Lerngruppe spezifisch zugeschnittenes und differenzierendes Schülerlaborangebot bereit zu stellen. Die Schülerinnen und Schüler sollen gemeinsam lernen und praktische Erfahrungen sammeln. Deshalb liegt der Fokus darin, Experimentierangebote für forschendes Lernen für besonders heterogene Lerngruppen zu entwickeln, etwa von stärker integrierten Schulformen der Sekundarstufe I und aus Stadtteilen mit hoher Diversität und Heterogenität. Alle Lernenden sollen die Chance haben, sich mit persönlich und gesellschaftlich relevanten Themen aus der Umwelt- und Nachhaltigkeitsdebatte inhaltlich und experimentell auseinander zu setzen.



Abb. 1: Diversität und Heterogenität im Schülerlabor.

(Foto: Fiona Affeldt)

sollen zugleich die Eigenverantwortlichkeit der Lernenden für ihren Lernprozess fördern, da individuell oder in der Gruppe entschieden werden muss, wann eine der Hilfen und welche genutzt wird. Insgesamt können Tippkarten zur Durchführung der Experimente, zum Verständnis und zur Sprache mit in der Regel drei Abstufungen genutzt werden. Diese sind durch Symbole gekennzeichnet. Abbildung 3 zeigt jeweils eine erste Tippkarte zum Verständnis (Symbol Glühbirne) und eine zur Sprache (Symbol abc).

Ein weiteres Gestaltungselement ist die durchgängig sprachensible und kreative Gestaltung der Arbeitsmaterialien. Hierdurch wird der Versuch unternommen, das fachliche Lernen im Fall von sprachlichen Defiziten nicht zu sehr zu erschweren. Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein Laborskript mit den Experimentieranleitungen sowie sprachfördernden Lernmaterialien. Zu diesen Materialien gehört eine Geräteliste, die durch Bilder und dem bestimmten Artikel im Singular und Plural, das Kennenlernen der Laborgeräte und die Orientierung beim Experimentieren vereinfachen soll. Ein Begriffsglossar gibt kurze Definitionen der Fachbegriffe aus dem jeweiligen Thema. In allen Arbeitsmaterialien wird auf einen relativ ein-

fachen Satzbau, kurze Sätze, einfache Wörter, eine bewusste und reduzierte Nutzung von Fachbegriffen und eine leicht lesbare Schrift geachtet. Für die sprachensible Gestaltung werden auch sprachaktivierende Aufgabenformate, wie Satzpuzzle oder Lückentexte, in den Experimentieranleitungen benutzt. Zusätzlich gibt es die oben bereits erwähnten sprachbezogenen Tippkarten.

Einen attraktiven, alltagsnahen und auch sprachlich vereinfachten Zugang zu den Experimenten erreichen wir, indem wir die Experimentieranleitungen durchgängig über Medien aus dem Schüleralltag gestalten. Eingesetzt werden Comics und Darstellungen, angelehnt an soziale Medien, wie Instagram, Facebook und Twitter (Abb. 2). Diese Gestaltung soll Authentizität schaffen, herausfordern und die Schülerinnen und Schüler dort abholen, wo sie sich in ihren Mediengewohnheiten häufig befinden. Solche Materialien erlauben andere Zugänge als das reine Lesen einer Anleitung, da der Text überschaubarer, anders eingebettet und an den Medienkonsum der Lernenden angelehnt ist. Im Rahmen dieser Gestaltung werden auch Einblicke in berufliche Perspektiven im Zusammenhang von Chemie, Umwelt und Nachhaltigkeit gegeben. Dabei wird darauf geachtet, dass diese Perspekti-

ven auch solche Berufe einbeziehen, die mit mittleren oder schwächeren Bildungsabschlüssen erlernt werden können. In Abbildung 2 hilft beispielsweise ein Anlagenmechaniker für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik als Comicfigur dabei, ein Experiment zur Korrosion von Kupfer anzuleiten.

Bislang haben seit Anfang 2015 über 5.500 Schülerinnen und Schüler eines der Schülerlaborangebote an einem der vier Standorte besucht. Die Rückmeldungen von Lehrkräf-

<p>Versuch: Werkstoffe im Wasser</p> 	<p>Erklär Tipp 1:</p> <p>Achtung! Man kann nicht sagen, dass Blätter leichter als Wasser sind! Man kann das Gewicht von Stoffen nur vergleichen, wenn sie das gleiche Volumen haben. Diese Körper haben das gleiche Volumen: 1L   0,5 L  </p>								
<p>Versuch: Werkstoffe im Wasser</p> 	<p>Sprach Tipp 1: Je..., desto...</p> <table border="1" data-bbox="481 1390 824 1567"> <thead> <tr> <th>Nebensatz</th> <th>Hauptsatz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Je mehr ich esse,</td> <td>desto satter bin ich.</td> </tr> <tr> <td>Je teurer der Einkauf ist,</td> <td>desto mehr muss ich bezahlen.</td> </tr> <tr> <td>Je besser meine Klassenarbeit ist,</td> <td>desto besser wird meine Note im Zeugnis sein.</td> </tr> </tbody> </table>	Nebensatz	Hauptsatz	Je mehr ich esse,	desto satter bin ich.	Je teurer der Einkauf ist,	desto mehr muss ich bezahlen.	Je besser meine Klassenarbeit ist,	desto besser wird meine Note im Zeugnis sein.
Nebensatz	Hauptsatz								
Je mehr ich esse,	desto satter bin ich.								
Je teurer der Einkauf ist,	desto mehr muss ich bezahlen.								
Je besser meine Klassenarbeit ist,	desto besser wird meine Note im Zeugnis sein.								

Abb. 3: Beispiele für Lernhilfen aus den Schülerlaborangeboten.
(Foto: Fiona Affeldt)

ten, wie von den Schülerinnen und Schülern, sind durchweg positiv. In einer Fragebogenstudie mit 1.382 Schülerinnen und Schülern wurde das selbstständige, forschende Experimentieren und die Vielfalt der experimentellen Aufgaben gelobt. Die Schülerinnen und Schüler berichteten von spannenden sowie interessanten Erfahrungen und Spaß beim Experimentieren. Sie lobten die Möglichkeit zum Ausprobieren und den offenen Umgang mit Materialien und Geräten, welcher ihnen in der Schule häufig nur begrenzt möglich ist. Besondere Freude hatten die Lernenden an den unterschiedlichen Facetten in den jeweiligen Themen sowie an der innovativen Gestaltung der Experimentieranleitungen, insbesondere der Comics. So wurde kürzlich auch noch einmal systematisch die Wahrnehmung der Comics bei Schülerinnen und Schülern im Schülerlabor untersucht. Die Schülerinnen und Schüler lobten die Verständlichkeit, die Offenheit, das schüler-orientierte Design, den Alltagsbezug und die Comics im Allgemeinen. Rückmeldungen von Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und Betreuern legen nahe, dass in den Anleitungen auf der

Basis der sozialen Medien ähnlich positive Aspekte gesehen werden. Die Schülerlabore an den vier Standorten können insgesamt eine positive Resonanz in Bezug auf den Umgang mit Heterogenität und Diversität verzeichnen.

Weitere Informationen zum Projekt Chemie Umwelt Nachhaltigkeit finden sich unter www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/cunlab/. Dort finden sich auch die Experimentieranleitungen und unterstützenden Lernhilfen zum Download.

Danksagung: Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), vertreten durch Frau Dipl.-Biol. Ulrike Peters, für die finanzielle Unterstützung und das stete Interesse am Fortgang unserer Arbeit.

Literatur

- Affeldt, F., Weitz, K., Siol, A., Markic, S., & Eilks, I. (2015). A non-formal student laboratory as a place for innovation in education for sustainability for all students. *Education Sciences*, 5, 238-254.
- LernortLabor 2017: https://www.mint-nachhaltigkeitsbildung.de/netzwerk/to_Daten (zuletzt abgerufen am 21.01.2018).

FreiEx – Freies Experimentieren im Schülerlabor der Universität Bremen

Universität Bremen – Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Leobener Straße NW 2 | 28359 Bremen | Bremen



Kontakt: MEd Fiona Affeldt, Dr. Antje Siol, Prof. Dr. Ingo Eilks

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KL}

Klassenstufen und Schulart(en): 5–12(13), alle Schularten

Fachrichtungen: Naturwissenschaften, Chemie, Technik

Angebot für: Ganze Schulklassen/Gruppen, einzelne Interessierte

Zeitaufwand: 2–4 Stunden

Didaktische Methoden: ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Einblicke in die Berufswelt ● Filme & Comics/Spiele

Regionalen Klimawandel beurteilen lernen – ReKli:B

Dem globalen Klimawandel nachhaltig zu begegnen ist eine der zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Um Risiken des Klimawandels zu vermeiden, aber auch um mögliche Chancen zu nutzen, gilt es Strategien im Umgang mit Unsicherheiten zu entwickeln und Handlungsfelder zu definieren. Jugendlichen kommt im Prozess der Klimaanpassung als „Akteuren von morgen“ eine zentrale Rolle zu.

Das von der DBU geförderte Projekt „Regionalen Klimawandel beurteilen lernen – ReKli:B“ hat daher das Ziel, mit Kindern und Jugendlichen nachhaltige Anpassungsstrategien an die regionalen Folgen des Klimawandels zu erarbeiten. Dazu soll ihre Beurteilungskompetenz und Handlungsbereitschaft in Fragen des Klimawandels vor Ort gefördert werden. Klimasensitive Phänomene aus den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und naturnahe Ökosysteme dienen dabei als Beispiele mit unmittelbarem Bezug zur Lebenswelt der Jugendlichen. Das Projekt basiert auf einem in dieser Form ein-

zigartigen methodisch-didaktischen Dreiklang aus Erhebungen im Gelände, vertiefenden Analysen im Labor und vereinfachender Erarbeitung einzelner Prozesse im Experiment und Modell. (vgl. Abb. 1). Dabei werden im Sinne der Nachhaltigkeit ökologische, ökonomische und soziale Aspekte des Klimawandels bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien integriert, um die individuelle Bewusstseinsbildung und eine darauf aufbauende Gestaltungskompetenz zu fördern. Das Projekt verfolgt einen interdisziplinären Ansatz, der Methoden und Analysen der MINT-Disziplinen miteinander und mit den o.g. Fragestellungen mit Alltags- und Gesellschaftsrelevanz verbindet. Enge Bezüge bestehen insbesondere zu den Disziplinen Geographie, Biologie und Chemie.

Zwischen 2012 und 2016 konnten insgesamt 18 problem- und handlungsorientierte Lernmodule zu den regionalen Folgen des Klimawandels entwickelt und evaluiert werden. Die Module thematisieren die Aspekte „Bodenabtrag“, „Bodenfruchtbarkeit“, „Bodenwasserhaushalt“, „Baumwachstum“, „Ernterträge“ und „Phänologische Jahreszeiten“. Die Arbeitsmaterialien aller Module wurden in einem Materialband zusammengefasst, der Bezug über eine Anfrage an kontakt@geco-lab.de ist möglich.



Abb. 1: Methodisch-didaktischer Dreiklang zur Beurteilung regionaler Klimawandelfolgen im Gelände, Labor sowie Experiment und Modell.

(Grafiken: rgeo)

Beispiel 1: „Verändertes Baumwachstum im Klimawandel“

Forstlich genutzte Waldökosysteme sind – nicht zuletzt durch Eingriffe des Menschen in der Vergangenheit – in besonderer Weise von den Folgen des Klimawandels betroffen. Das Lernmodul rückt das Klima als ökologischen Standortfaktor für die Baumartenzusammensetzung eines Waldes in den Fokus und setzt diese in Beziehung zu den ökonomischen Anforderungen forstwirtschaftlicher Nutzung. Im Gelände erheben die Jugendlichen

mit Hilfe einer Baumartenkartierung zunächst die Artenzusammensetzung und Altersklassenstruktur in einem Waldgebiet ihrer Region. Mit Hilfe der KlimaArtenMatrix (KLAM, nach Roloff & Grundmann 2008) bewerten sie den erfassten Baumbestand („Wald von heute“) hinsichtlich seines Anpassungsgrades an den Klimawandel, untersuchen die Naturverjüngung als potenziellen Zeiger klimatischer Veränderungen („Wald von morgen“) und leiten Zukunftsszenarien für das untersuchte Waldgebiet ab. Im Labor vertiefen die Jugendlichen die verzahnte Analyse von ökologischen und ökonomischen Aspekten. Jahrringmessungen an Stammscheiben von Fichte und Douglasie aus benachbarter Herkunft sowie deren Vergleich mit Klimazeitreihen derselben Region lassen exemplarisch das unterschiedliche Wachstumsverhalten unter den Vorzeichen des sich verändernden Klimas sichtbar werden (vgl. Abb. 2). Die Fichte, die in vielen Lagen heute noch als „wirtschaftliches Rückgrat“ der Waldwirtschaft gilt, wird dabei in ih-

rer Stressreaktion auf vergangene Extremjahre als Verlierer des Klimawandels sichtbar, die aus Nordamerika eingeführte Douglasie demgegenüber als scheinbar besser angepasste potenzielle Baumart der Zukunft. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse hinsichtlich eines an den Klimawandel angepassten Waldumbaus werden schließlich durch das Modell- und Experimentier-Modul des Dreiklangs erweitert und abgerundet. Die Frage, inwieweit ökologisch besser an den Klimawandel angepasste Baumarten auch im Hinblick auf ihre Holzeigenschaften und damit ihre Vermarktbarkeit als „Vertreterbaumart“ dienen können, wird mit einer Reihe von Versuchen zur Werkstoffkunde und Holzmechanik aufgegriffen. Mit Hilfe eines haptischen Windwurfmodells kann darüber hinaus die Sturmfestigkeit verschiedener Baumbestände mit Hilfe experimenteller Vergleichsaufbauten in einem multivariaten Design untersucht und kritisch hinterfragt werden. In der Zusammenschau aller Teilmodule und angewendeten naturwissenschaftlichen Methoden der

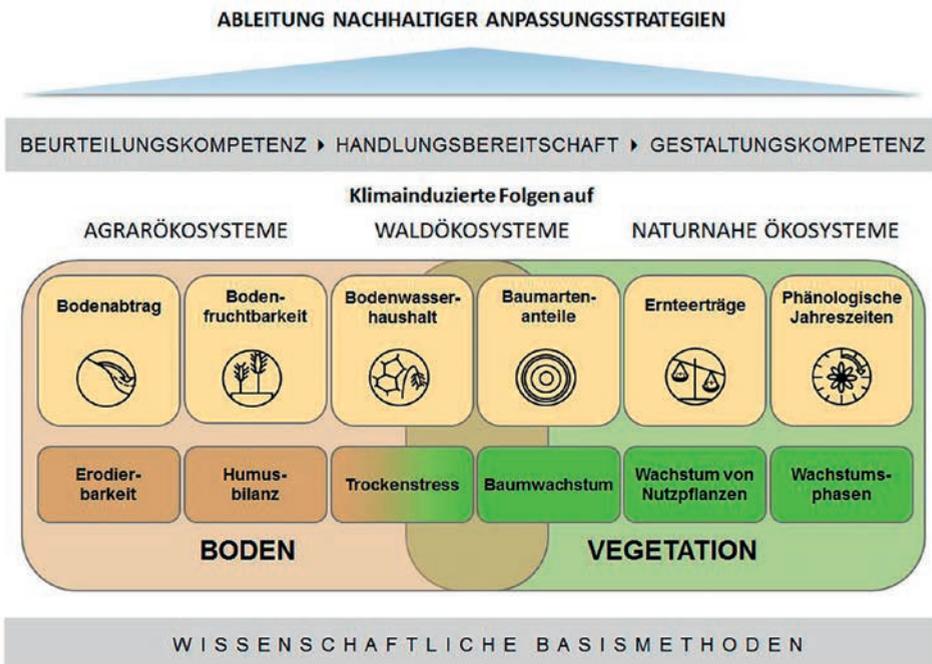


Abb. 2: Struktureller Aufbau und thematische Einordnung der Lernmodule des Projekts „ReKli:B“.

Erkenntnisgewinnung wird es den Jugendlichen damit möglich, modellhafte Beschreibungen und Prognosen hinsichtlich des zukunftsfähigen Waldes abzuleiten und aktuelle Forschungsergebnisse, beispielsweise in Form von Baumarteneignungskarten, eigenständig zu beurteilen.

Beispiel 2: „Bodenerosion im Klimawandel“

Regionale Szenarien des Klimawandels lassen eine Zunahme der Winterniederschläge sowie den Wechsel von sommerlichen Dürrephasen mit plötzlichen Starkniederschlagsereignissen erwarten. Besonders auf erosionsgefährdeten Böden wie z. B. Löss kann dies zu verstärktem Bodenabtrag führen. Nach dem Ansatz eines aktiv-entdeckenden Lernens erkunden die Jugendlichen das Phänomen von Wassererosion zunächst im Gelände. Problemorientiert wählen sie dazu selbstständig Untersuchungspunkte auf einer Ackerfläche in Hanglage und untersuchen die so definierten Transekte arbeitsteilig in Kleingruppen. Bei der Entnahme und Ansprache von Bodenprofilen hinsichtlich Bodenfarbe, Bodenart, Bodenreaktion und Carbonatgehalt kommen zahlreiche Feldmethoden der Bodenkunde zum Einsatz und werden im Hinblick auf die mögliche Verlagerung von Bodenmaterial interpretiert. Ergänzend werden Geländeeigenschaften sowie Anbau- und Bearbeitungsmerkmale kartiert und nach Möglichkeit der Landwirt zu Einzelheiten der vergangenen und aktuellen Bewirtschaftung befragt. Vertiefende bodenchemische und bodenphysikalische Analysen von Bodenproben im Labor ergänzen den Erkenntnisgewinn hinsichtlich Stoffverlagerungen (photometrische Erfassung von Nitrat und Phosphat), Veränderungen der Korngrößenzusammensetzung (Sieb- und Schlämmanalysen) und Humusgehalt (Glühverlust) im Vergleich von Ober- und Unterhang. Die Bezugnahme zu den regionalen Folgen des Klimawandels erfolgt anschließend mittels verschiedener modellhafter Veranschaulichungen: Konkret-gegenständliche Modelle in Form von neigungsverstellbaren Bodenboxen mit unterschiedlichen Subst-



Abb. 3: Jahrringanalyse an Fichte und Douglasie – Klimaanpassungspotenzial verschiedener Baumarten erforschen. (Foto: rgeo)

raten sowie Bearbeitungs-, Bedeckungs- und Beregnungsmöglichkeiten (vgl. Abb. 3) dienen der hypothesengestützten Erarbeitung der vielfältigen Einflussfaktoren auf die Erosionsprozesse im Sinne der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG). Die Beobachtungen und Erkenntnisse aus dieser naturwissenschaftlich-technischen Perspektive können durch Anwendung einer abstrakt-digitalen Computersimulation (ABAG-interaktiv) mit den Ergebnissen einer mathematisch-informatischen Modellbildung ergänzt werden. Beide Zugänge ermöglichen dabei den Blick auf künftig zu erwartende Folgen des Klimawandels.

Im hypothesenprüfenden experimentellen Design können die Jugendlichen jeweils die Wirkung und das komplexe Zusammenspiel der natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren auf die Bodenerosion testen, die Effizienz verschiedener Erosionsschutzmaßnahmen prüfen und in einer kritischen Modellbetrachtung Stärken und Schwächen der beiden Modelltypen vergleichend reflektieren.

Etwa 2.200 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 5 bis 12 konnten bereits mit den Bildungsinhalten der ReKli:B-Module erreicht werden. Auch in den Kontext non-formaler Bildungsangebote, wie z. B. Kinder- und Jugendakademien, wurden Inhalte des ReKli:B-Projekts eingebracht. Darüber hinaus konnten studentische Tutoren, Lehrkräfte sowie außerschulische Umweltbildner zu Multiplikatoren zur Vermittlung von ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Anpassungsstrategien an den Klimawandel ausgebildet werden.

Zur dauerhaften Verankerung der Projekthinhalte in der außerschulischen Umweltbildung diente insbesondere die Kooperation mit den Projektpartnern „Geo-Naturpark Bergstraße-Odenwald“ und „bio-versum Kranichstein“.

Die entwickelten Lernmodule wurden bei den Stützpunktschulen und den außerschulischen Bildungspartnern mit Hilfe von Methodenköffern dauerhaft verankert sowie u. a. durch eine nationale Projekt-Abschlusskonferenz und über Internetportale bundesweit disseminiert. Eine weitere Säule der nachhaltigen Verankerung der entwickelten Bildungsangebote bildet das im Laufe des Projekts entstandene Umweltkommunikations-Netzwerk aus regionalen Akteuren, fachlichen Beratern und Umweltpädagogen. Das Projekt wurde ausgezeichnet als „Werkstatt N-Projekt 2016“ sowie als Projekt der „UN-Dekade für Biologische Vielfalt“.

Die Projektergebnisse wurden auch auf Kon-

ferenzen und in didaktischen Fachzeitschriften präsentiert. Eine vollständige Übersicht der projektbezogenen Veröffentlichungen sowie weitergehende Informationen, auch zu Folgeprojekten, sind auf der Homepage der „Research Group for Earth Observation (rgeo)“ der Abteilung Geographie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg unter <http://www.rgeo.de/de/p/ReKlib/> zu finden.

Das Projekt wird auf verschiedene Weise wissenschaftlich begleitet: Eingebunden sind insbesondere zwei Dissertationen. Forschungsfragen sind einerseits die Förderung geographischen Systemverständnisses im vergleichenden Einsatz verschiedener Modelltypen zum Thema Bodenerosion (S. Brockmüller) und andererseits der Einfluss von Gelände- und Laborarbeit in unterschiedlichen Kombinationen auf die Förderung fachlicher Kompetenzen am Beispiel des Baumwachstums im Klimawandel (C. Schuler).

Geco-Lab, Kompetenzzentrum für geoökologische Raumerkundung

Abteilung Geographie – Research Group for Earth Observation (rgeo), Pädagogische Hochschule Heidelberg
Czernyring 22/11-12 | 69115 Heidelberg | Baden-Württemberg



Kontakt: Prof. Dr. Alexander Siegmund (Leiter Geco-Lab)
Dipl.-Geoökol. Daniel Volz (Koordinator Geco-Lab)
Dipl.-Geogr. Svenja Brockmüller (BNE – Climate Change Education)

Schülerlabor-Kategorie: Schü**Ler**La**bor**^{KFL}

Klassenstufen und Schularf(en): Klassenstufen 5-12, alle Schularten

Fachrichtungen: Geographie, Biologie, Chemie

Angebot für: Ganze Schulklassen/Gruppen, einzelne Interessierte, z. B. Jugend forscht

Zeitaufwand: Modular kombinierbar, mind. 1,5 Stunden pro Teilmodul

Didaktische Methoden: ● Rezeptives Experimentieren. Die didaktisch entwickelten Kurse/Module werden von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt. ● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen ● Freies Arbeiten. Schüler können eigene Fragestellungen entwickeln und erforschen ● Erstellung von Zukunftsvisionen

HELLE und LEUM Tüffeltruhen

„Die Tüffeltruhe ermöglicht mir, Kinder in ihrer Zuwendung zu naturwissenschaftlichen Phänomenen neu zu erleben.“ (Markus Viehweger, Pustebume – Grundschule, Berlin)

Das Projekt „HELLE und LEUM Tüffeltruhen“ wurde in Zusammenarbeit mit der Alice Salomon Hochschule Berlin (ASH Berlin) und gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt im Kinderforscherzentrum HELLEUM im Zeitraum von Februar 2015 bis Januar 2017 realisiert. Die dabei entstandenen mobilen Tüffeltruhen werden seitdem regelmäßig von pädagogischen Einrichtungen Berlins ausgeliehen.

Das Kinderforscherzentrum HELLEUM ist ein Kooperationsprojekt des Berliner Bezirkes Marzahn-Hellersdorf, der ASH Berlin und der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie. Es trägt mit innovativen Lernsettings dazu bei, bei Kindern nachhaltig Interesse im Bereich der Naturwissenschaften und der Umweltbildung zu entwickeln und ihnen positive Erfahrungen in diesen Bereichen zu ermöglichen. Eine weitere konzepttragende Idee des HELLEUM besteht darin, einen Wissens- und Kompetenztransfer innovativer didaktischer Formate der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung in pädagogische Einrichtungen zu ermöglichen. Das Projekt „HELLE und LEUM Tüffeltruhen“ als mobiles Lernwerkstattangebot trägt maßgeblich dazu bei, diesen Transfer neben eigenen Fortbildungsangeboten zu realisieren.

Vorstellung des Projekts „HELLE und LEUM Tüffeltruhen“

Die „HELLE und LEUM Tüffeltruhen“ wurden nach den im HELLEUM elaborierten Prinzipien der Lernwerkstattarbeit (vgl. VeLW 2006) entwickelt. Sie eröffnen Pädagogen die Möglichkeit, ohne großen Arbeitsaufwand Lernumgebungen vorzubereiten, in denen die Kinder im Alter von 5 bis 12 Jahren

mit Hilfe von Alltagsmaterialien ermutigt werden, eigenständig entsprechend ihrer Interessen, Vorerfahrungen, Kenntnissen und Motiven Phänomene allein oder in der Gruppe zu erkunden und zu erforschen. Sie bieten damit vielfältige Angebote für die Gestaltung inklusiver Bildungsprozesse.

Für Kinder stellen die Truhen „Schatzkisten“ dar, die spannende Dinge enthalten, sie zum eigenständigen Forschen einladen und ihnen damit eine individuelle Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen ermöglichen. Sie fördern ihre Neugierde und sensibilisieren für Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung in unserer heutigen Gesellschaft.

Tüffeltruhen zu den folgenden Umweltbildungsthemen wurden im Rahmen des Projekts entwickelt:

- 1 „Wasser marsch!“
- 2 „Luft lüften/Wind bringt's“
- 3 „Boden schätzen“
- 4 „Leise – Lauter – Lärm“,
- 5 „Forsches Viertel – Erkunde Deine Umgebung!“
- 6 „Rohstoffreise – Entdecke, was in den Dingen steckt!“

Die Entwicklung der Tüffeltruhe erfolgte in einem sehr spannenden partizipatorischen Prozess. Gemeinsam mit dem Team des HELLEUM und Kolleginnen und Kollegen aus verschiedenen Einrichtungen des Bezirks Marzahn-Hellersdorf, die sich in einer Arbeitsgruppe zusammen geschlossen haben, wurden die einzelnen Truhen entwickelt, getestet und letztendlich konfektioniert. Von Anbeginn waren damit die Kollegen an Bord, die später auch die Truhen in ihre pädagogische Arbeit einbeziehen sollten. Keine Instruktionen sollten die Auseinandersetzung der Kinder mit den Materialien lenken.

Die Tüffeltruhen im Kontext der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)

Das Bundesministerium für Umwelt, Natur und

Reaktorsicherheit orientiert sich in seinen Empfehlungen für „BNE für die Grundschule“ (BMU 2009) am Konzept der Gestaltungskompetenz und formuliert acht Teilkompetenzen für die Arbeit in den Grundschulen: *Vorausschauendes Denken und Handeln, Weltoffen wahrnehmen, Interdisziplinär arbeiten, Verständigen und kooperieren, Planen und Agieren, Gerecht und solidarisch sein, Motiviert sein und motivieren können, Lebensstil und Leitbilder reflektieren* (Vgl. BMU 2009, 27–28). Die Methode des forschenden und entdeckenden Lernens als auch Projekt- und Lernwerkstattarbeit, die bei der Arbeit mit einer Tüfteltruhe eingesetzt werden, sind geeignete Methoden zum Aufbau der o.g. Kompetenzbereiche.

Die Tüfteltruhen sind so gestaltet und ausgestattet worden, dass die Kinder zum Forschen und Explorieren angeregt werden. Kreativität, Phantasie und Vorstellungsvermögen als Elemente vorausschauenden Denkens und Handelns sind hierbei unerlässlich. Neugierig gehen die Kinder ihren Fragen nach und fördern z. B. Kompetenzen im Teilbereich *Weltoffen wahrnehmen*. So erwerben die Schülerinnen und Schüler „im Rahmen des entdeckenden Lernens die Fähigkeit, ihre Nahumgebung sowohl in Hinblick auf die natürliche Umwelt wie auch bezüglich der sozialen und gebauten Umwelt im Detail kennenzulernen“ (BMU 2009, 27). Die Tüfteltruhen fordern die Kinder heraus, selbst tätig zu werden, „um die Welt zu begreifen, zu erfahren und zu verstehen“ (ebd., S.30) – *Planen und Agieren*.

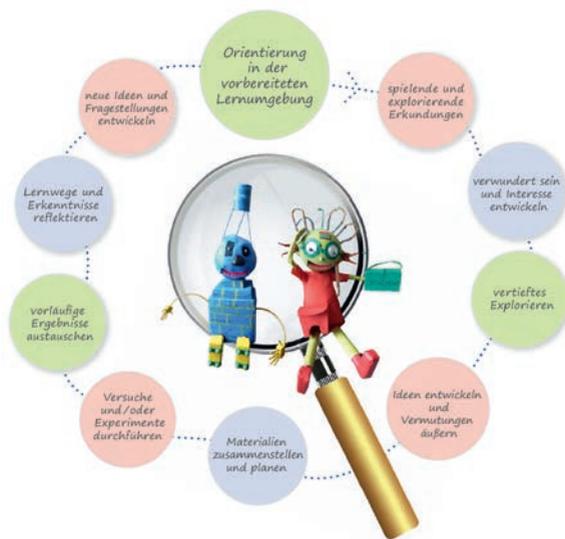
Mit der ökologisch-naturwissenschaftlichen Ausrichtung der Truhen findet ebenfalls eine intensive Vernetzung mit der naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts statt.

Die Schulkinder üben sich darin, „Naturerscheinungen zu explorieren, zu erforschen, genau zu beobachten und gezielt zu untersuchen sowie zu interpretieren und mit den Ressourcen der Natur verantwortungsbewusst und kritisch umzugehen (Nachhaltigkeit)“ (vgl. LISUM 2015, 24.).

Die Tüfteltruhen und der HELLEUM-Forscherkreis

Im Verlaufe der wissenschaftlichen Evaluation der Arbeit im Kinderforscherzentrum HELLEUM wurde der HELLEUM-Forscherkreis entwickelt. Im Gegensatz zu Forscherkreisen, die mit der Frage an die Natur (vgl. Markquart-Mau 2009) beginnen, wird im HELLEUM großer Wert auf die Ermöglichung einer Orientierung in der Lernumgebung und auf die spielerische und explorierende Erkundung derselbe gelegt. Erst über die Exploration und die damit einhergehende Entstehung von Interesse entwickeln die Kinder ihre eigenen Ideen und Fragen. Nicht die Fragen der Pädagogen sind der Beginn des Entdeckens und Forschens, sondern die wirklich bei den Kindern entstandenen eigenen Ideen und Fragen sind es, an denen entlang die Kinder sich naturwissenschaftlich bilden.

Die Arbeit mit der Tüfteltruhe beginnt immer mit Überlegungen zur Truhe und einer Erforschung des Inhalts (Orientierung in der vorbereiteten Umgebung). Fast zeitgleich setzt bereits die Auseinandersetzung mit den Gegenständen ein: Die Dinge werden in die Hand genommen und ausprobiert



HELLEUM-Forscherkreis

(Grafik: HELLEUM)



Tüffeltruhe Luft lüften: Ebene 1.

(Foto: HELLEUM)

Ausstattung und weiterführende Projektanregungen der Tüffeltruhen

Die Materialien der Truhen bieten den Kindern die Möglichkeit, sich eigenständig und gezielt mit verschiedenen Phänomenen des Themas auseinanderzusetzen. Um eine große Vielfalt an behandelbaren Themen zu ermöglichen, ist eine Tüffeltruhe auf drei Ebenen mit vielen verschiedenen Werkzeugen, Modellen, Anschauungsmaterialien und Messgeräten bestückt. Da ver-

einzelte Materialien oder Geräte nur in begrenzter Zahl vorhanden sind, empfiehlt es sich, diese durch Alltagsmaterialien und Werkzeuge zu ergänzen. Zu jeder Tüffeltruhe gehört ebenfalls eine Handreichung mit Informationen zum Konzept, zu theoretischen Grundlagen sowie methodischen Einstiegsmöglichkeiten. Weiterhin enthält die Handreichung eine kurze Sachanalyse, Ausstattungslisten und weiterführende Projektanregungen. Die Tüffeltruhen eignen sich gut als Auftakt für die Bearbeitung größerer Themenblöcke in der Schule oder in Kitas oder Horten. Die vielfältigen Materialien legen keine Lernwege fest, sondern fordern zum Begreifen im doppelten Sinne des Wortes auf und folgen dem im HELLEUM realisierten Prinzip „Von der Hand zum Verstand“. Zur Initiierung eines Projekts sind sie hervorragend geeignet, da sie für Kinder wirkliche partizipative Bildungsangebote darstellen und den Kindern großen Raum bieten, ihre eigenen Ideen zu realisieren. Die bisherigen Rückmeldungen von Kolleginnen und Kollegen, die mit den Truhen gearbeitet haben, bestätigen, dass mit dem Einsatz der Truhe das Interesse der Kinder für die naturwissenschaftlich-technische Umweltthemen geweckt wurde und ein guter Einstieg in die Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Thema gelingt.

(spielende und explorierende Erkundungen). Die Kinder sind verwundert, z. B. „Was ist das? Was kann man damit machen? Was ist da alles drin?“ und entwickeln erste Ideen, z. B. Melodika mit dem Blasebalg verbinden (Verwundert sein und Interesse entwickeln). Ein vertieftes Forschen setzt bei den meisten Kindern ein, z. B. Melodika spielen mit Hilfe des Blasebalgs (vertieftes Explorieren) und Hypothesen zu Phänomenen werden (gedanklich/verbal) formuliert, z. B. „Wenn die Melodika sich mit dem Blasebalg spielen lässt, dann vielleicht auch mit einem aufgeblasenen Luftballon?“ (Ideen entwickeln und Vermutungen äußern). Für weitere Vorhaben sind ggfs. einige Materialien in der Truhe enthalten, andere im Raum, andere müssen beschafft werden (Materialien zusammenstellen und planen). Das Vorhaben wird fokussierter umgesetzt (Versuche/Experimente durchführen) und mit den Mitforschenden überlegt, was funktioniert, was nicht, was beobachtet wurde (vorläufige Ergebnisse austauschen). Anschließend können Erfahrungen und Beobachtungen, z. B. im Gesprächskreis, ausgetauscht werden (Lernwege und Erkenntnisse austauschen) und Ideen für eine Erweiterung des Vorhabens oder größere Projekte gemeinsam gesammelt werden, z. B. weitere Ideen für die Arbeit mit der Tüffeltruhe (neue Ideen und Fragestellungen entwickeln). Dieser beschriebene Ablauf ist exemplarisch und meint keinen gradlinigen Verlauf.

einzelte Materialien oder Geräte nur in begrenzter Zahl vorhanden sind, empfiehlt es sich, diese durch Alltagsmaterialien und Werkzeuge zu ergänzen.

Zu jeder Tüffeltruhe gehört ebenfalls eine Handreichung mit Informationen zum Konzept, zu theoretischen Grundlagen sowie methodischen Einstiegsmöglichkeiten. Weiterhin enthält die Handreichung eine kurze Sachanalyse, Ausstattungslisten und weiterführende Projektanregungen.

Die Tüffeltruhen eignen sich gut als Auftakt für die Bearbeitung größerer Themenblöcke in der Schule oder in Kitas oder Horten. Die vielfältigen Materialien legen keine Lernwege fest, sondern fordern zum Begreifen im doppelten Sinne des Wortes auf und folgen dem im HELLEUM realisierten Prinzip „Von der Hand zum Verstand“. Zur Initiierung eines Projekts sind sie hervorragend geeignet, da sie für Kinder wirkliche partizipative Bildungsangebote darstellen und den Kindern großen Raum bieten, ihre eigenen Ideen zu realisieren. Die bisherigen Rückmeldungen von Kolleginnen und Kollegen, die mit den Truhen gearbeitet haben, bestätigen, dass mit dem Einsatz der Truhe das Interesse der Kinder für die naturwissenschaftlich-technische Umweltthemen geweckt wurde und ein guter Einstieg in die Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Thema gelingt.

Literatur

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – BMU (Hrsg.) (2009). Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Grundschule. URL: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/bne_grundschule_expertise.pdf. (Abrufdatum: 27.06.2016).
- Jochums, A. und Springmann, I.I. (2016). HELLE und LEUM Tüfteltruhen – Ein mobiles Umweltbildungsangebot des HELLEUM. IN: LISUM (Hrsg.) (2016): Lernarrangements für den inklusiven Sachunterricht. Ludwigsfelde.
- Kinderforscherzentrum HELLEUM (2016/ unveröffentlicht): Handreichungen zu den Themen der Tüfteltruhen. Autoren: Johannes Buchegger, Benedikta Heldman, Niamh Voss, Joana Droigk, Luisa Salvador, Caroline Blaske, Anna Jochums, Isabell Springmann, Prof. Dr. Hartmut Wedekind.
- Lisum / Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft – SenBJW / Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (Hrsg.) (2015). Rahmenlehrplan Grundschule für Berlin Brandenburg. Teil C. Sachunterricht Jahrgangsstufe 1-4. Staßfurt: Salzland Druck GmbH.
- Fachblick von Prof. Dr. Brunhilde Marquardt-Mau. Online verfügbar unter: http://www.forschendes-lernen.net/files/eightytwenty/materialien/weiterlesen/Forschungskreislauf_Marquardt-Mau.pdf (letzter Zugriff: 27.06.2017).
- Theisselmann, O. und Wedekind, H. (2017). Ein Ort für kreative Köpfe. Das Kinderforscherzentrum HELEUM. In: gruppe&spiel – Zeitschrift für kreative Gruppenarbeit. Ausgabe 1/17. Friedrich-Verlag
- Verbund europäischer Lernwerkstätten (VeLW) e.V. (Hrsg.) 2009. Positionspapier des Verbundes europäischer Lernwerkstätten (VeLW) e.V. zu Qualitätsmerkmalen von Lernwerkstätten und Lernwerkstattarbeit. URL: <http://www.forschendes-lernen.net/files/eightytwenty/materialien/VeLW-Broschuere.pdf> (Abrufdatum: 27.06.2017).

Kinderforscherzentrum HELLEUM

Bezirksamt Marzahn-Hellersdorf zu Berlin in Kooperation mit der Alice Salomon Hochschule Berlin und der Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie
Kastanienallee 59 | 12627 Berlin | Berlin



Kontakt: Prof. Dr. Hartmut Wedekind und Olga Theisselmann

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFW}

Klassenstufen und Schularf(en): Vorschule und 1–6.Klasse (5–12 Jahre)

Fachrichtungen: fachübergreifend

Angebot für: Angebot für ganze Schulklassen/Gruppen

Zeitaufwand: je nach dem Einsatz der Tüfteltruhen (2 Std. bis mehrere Wochen)

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und/oder angeleiteten Komponenten ● Lernwerkstattarbeit ● Explorieren mit ausgewählten Dingen ● Lernende entwickeln eigene Ideen und Fragestellung ● Freies Arbeiten. Schüler können eigene Fragestellungen entwickeln und erforschen

Expeditionslernen an der Ostseeküste

Bei diesem mehrtägigen Angebot der Kieler Forschungswerkstatt, das seit Anfang 2015 von der DBU gefördert wird, nehmen Schulklassen der Jahrgangsstufen 10 bis 13 Gebiete an der Ostsee genauer unter die Lupe. Ziel ist es, auf diese Weise bei den Schülerinnen und Schülern ein Bewusstsein für ihre Umwelt zu schaffen, ihr Systemverständnis zu fördern und ihnen einen realistischen Einblick in wissenschaftliches Arbeiten zu vermitteln.

Der Ostseeraum bietet eine Vielfalt an aquatischen, terrestrischen und marinen Lebensräumen. Eingriffe wie intensive Flächennutzung und Verschmutzung aber auch der Klimawandel wirken sich auf diese verschiedenen Lebensräume und auf das Ökosystem aus. Im Rahmen des Projektes „Expeditionslernen an der Ostseeküste“ beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit folgenden Themen: 1. Ökologische Veränderungen an der Ostseeküste und anthropogener Einfluss, 2. Küstenschutz – Naturgefahren und Anpassungsstrategien an der Küste und 3. Landnutzung an der Ostseeküste.

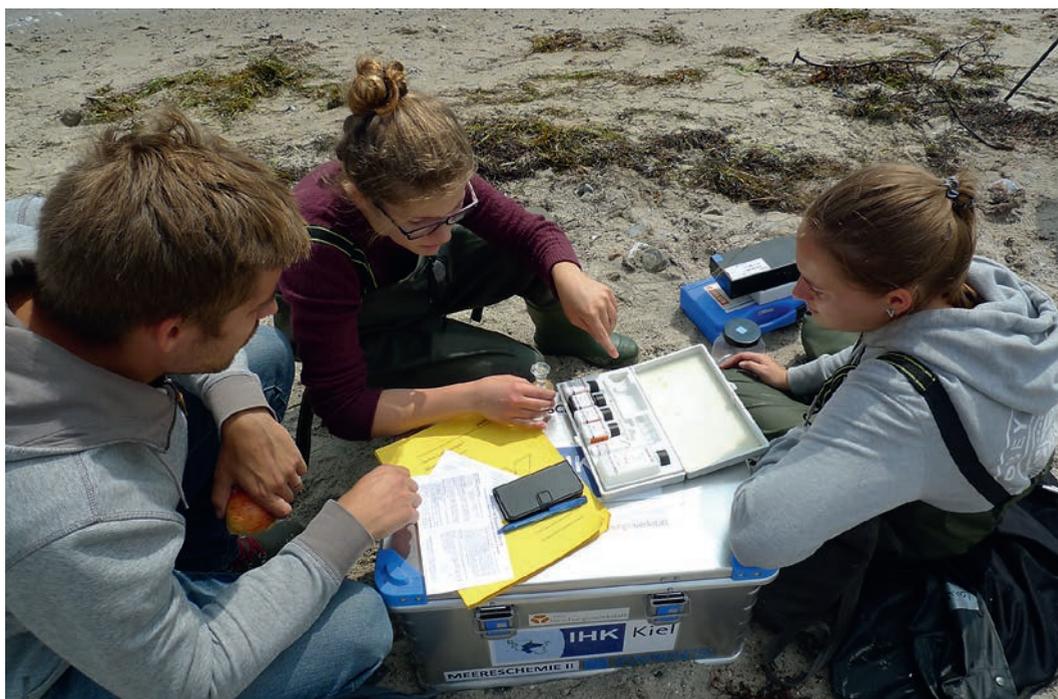


Zu jedem dieser Themen führt die Kieler Forschungswerkstatt eigene Expeditionen durch. So beschäftigt sich beispielsweise eine Klasse, die sich für das Thema „Landnutzung an der Ostseeküste“ entscheidet, mit Boden- und Gewässeranalysen (Foto) aber auch mit Vegetationsaufnahmen und der Untersuchung von Blütenbesuchern auf unterschiedlich genutzten Flächen. Um das Systemverständnis der Schülerinnen und Schüler zu erweitern, werden die Expeditionsgebiete so ausgewählt, dass unterschiedliche Flächen entlang einiger in die Ostsee mündender Flüsse untersucht werden. So kann z. B. der Einfluss von intensiver Düngung sowohl auf den Boden als auch auf Gewässer untersucht werden.

Wählt die Schulklasse das Thema „Küstenschutz – Naturgefahren und Anpassungsstrategien an der Küste“, dann beschäftigen sich die Jugendlichen z. B. mit den Ursachen von Küstendynamik, mit den Auswirkungen sich wandelnder Küsten auf Pflanzen, Tiere und Menschen sowie mit Küstenschutzmaßnahmen und ihren Funktionen. All diese Fragestellungen werden unter anderem vor dem Hintergrund des Meeresspiegelanstiegs betrachtet. Dazu werden auch Akteure vor Ort sowie politische Entscheidungsträger befragt.

Wenn die Klasse sich für das Thema „Ökologische Veränderungen an der Ostseeküste und anthropogener Einfluss“ entscheidet, stehen die Lebewesen der Ostsee, die menschlichen Einflüsse durch Plastik- und Lärmverschmutzung sowie invasive Arten im Vordergrund. Die Jugendlichen untersuchen die Organismen in der Ostsee und am Strand, nehmen Plankton- und Benthosproben, führen meereschemische und -physikalische

Erhebung der Gewässerstrukturgüte eines kleinen Flusses.



Einige meereschemische Analysen können direkt am Strand durchgeführt werden.

Untersuchungen durch und analysieren die Verschmutzung der Ostsee. Zudem führen sie Interviews mit Akteuren vor Ort durch (Kioskbesitzer, Hafenmeister, Wasserwacht, Fischer) und erfragen beispielsweise, welche Fischarten von den Fischern gerade gefangen wurden oder wie die Fangquoten aussehen. Besonderes Augenmerk liegt bei allen drei Themen auf der Erweiterung des Systemverständnisses der Schülerinnen und Schüler.

Während des gesamten Projektes stehen den Schülerinnen und Schülern die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Kieler Forschungswerkstatt für wissenschaftliche Beratungen zur Seite. Zusätzlich konnten über das Projekt „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“¹ Lehramtsstudierende in die Betreuung eingebunden werden.

Da man für die Untersuchung der meisten Fragestellungen Proben nehmen und Messungen

durchführen muss, findet ein Großteil der Arbeiten direkt im Untersuchungsgebiet statt. Hierdurch erhält das Projekt einen realistischen Expeditionscharakter.

Der didaktische Schwerpunkt des Expeditionslernens liegt auf dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess. Im Rahmen des Projektes durchlaufen die Schülerinnen und Schüler die verschiedenen Schritte naturwissenschaftlichen Arbeitens. Dafür wurde eine kooperative Lernform gewählt bei der die Jugendlichen in „Expertengruppen“ zusammenarbeiten. Die einzelnen Gruppen informieren sich zunächst anhand von bereitgestellten Materialien, einem einführenden Vortrag oder auch eigenen Internetrecherchen über ihr Thema und erarbeiten dann gemeinsam eine Fragestellung. Diese Vorbereitungsphase wird in der Schule oder in der Kieler Forschungswerkstatt

¹ Zentrales Ziel des von der Deutschen-Telekom-Stiftung geförderten Projekts „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ ist die Integration von Schülerlaboren in die MINT-Lehramtsausbildung.

durchgeführt. Anschließend planen die Gruppen ihre Untersuchungen und fertigen Listen mit dem dafür benötigten Material an. Schließlich arbeiten sie sich inhaltlich und praktisch in neue Methoden ein.



Schülerinnen und Schüler transportieren Expeditionsboxen und suchen nach Mikroplastik. (Fotos: Kieler Forschungswerkstatt)

Nach dieser intensiven Vorbereitungsphase wird für die Expedition gepackt und es geht raus ins Untersuchungsgebiet! Für die Themen „Ökologische Veränderungen an der Ostseeküste und anthropogener Einfluss“ und „Küstenschutz – Naturgefahren und Anpassungsstrategien an der Küste“ bietet ein Abschnitt der Westküste der Kieler Förde optimale Bedingungen. Dort findet man Bereiche mit unterschiedlicher Nutzung (Kurstrand, Naturstrand, Hafenbecken), eine vielfältige Küstenmorphologie (Steilküste, Sandstrand, Dünen, Wald) sowie zahlreiche Küstenschutzmaßnahmen. Expeditionen zum Thema „Landnutzung an der Ostseeküste“ wurden bisher an zwei kleinen Flüssen durchgeführt, die in die Ostsee münden.

Je nach Fragestellung und Untersuchungsge-

biet sind die Jugendlichen in ihrer Gruppe zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs. Dabei transportieren sie die benötigten Geräte und Probengefäße, orientieren sich mit Hilfe von GPS-Geräten und topografischen Karten im Gebiet, nehmen ihre Proben, führen

Untersuchungen durch und erheben die benötigten Daten. Gerade die praktische Arbeit macht den Schülerinnen und Schülern Spaß, ist aber oft auch eine ungewohnte Herausforderung: Wo nimmt man Proben, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten? Wie viele Proben nimmt man an einer Stelle? Wie misst man am besten die Höhe einer Steilküste? Wie zieht man einen eingeschlagenen Bodenbohrer wieder heraus? Woher stammt der Plastikmüll, den wir am Strand finden? Wie findet man Akteure vor Ort, die einem ein Interview zu Hochwasserereignissen geben? Außerdem kann ein Expeditionstag in der Natur ziemlich anstrengend sein, wenn einige Kilometer zu

Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden und dabei auch noch Geräte sowie Proben transportiert werden müssen – und das bei jedem Wetter. Dieser Effekt ist beabsichtigt, denn schließlich sollen die Jugendlichen einen realistischen Einblick in den Arbeitsalltag von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern erhalten, der bei Expeditionen auch beschwerlich sein kann.

Bei jeder Expedition gibt es ergänzend ein Reporterteam, das aus zwei bis drei Mitgliedern besteht und die Forschungsgruppen während der gesamten Expedition begleitet. Seine Aufgabe ist es, die wissenschaftlichen Prozesse der Expedition abzubilden. Die Reporterinnen und Reporter führen Interviews mit den Gruppen durch, filmen die Probenahmen im Untersuchungsgebiet und doku-

mentieren Analysen und Ergebnisse aber natürlich auch andere bemerkenswerte Ereignisse während der Projektphase.

Nachdem die Schülerinnen und Schüler ihre Probennahmen und Datenerhebungen im Untersuchungsgebiet abgeschlossen haben, werden einige Analysen direkt vor Ort in Feldcamps durchgeführt. Die restlichen Analysen und die Auswertung der Daten erfolgen in der Kieler Forschungswerkstatt oder in der Schule. Die innen und Mitarbeiter der Kieler Forschungswerkstatt besprechen mit den Jugendlichen geeignete Auswertungsmethoden, stellen Vergleichsdaten zur Verfügung, erstellen digitale Fotos mit dem Mikroskop von einzelnen Organismen, diskutieren mit ihnen die korrekte Darstellung und Interpretation ihrer Ergebnisse oder unterstützen sie bei der Erstellung digitaler Karten.

Schließlich wählt jede Gruppe eine Darstellungsform für ihre Ergebnisse. Das können z. B. kurze Filme, Power-Point-Präsentationen oder auch Poster sein. Zum Abschluss der Expedition präsen-

tieren die verschiedenen Gruppen ihre Ergebnisse. Da die Untersuchungsgebiete Systeme darstellen, in die die Jugendlichen einen kleinen Einblick gewonnen haben, werden abschließend alle Ergebnisse zusammengefasst und in einer Diskussionsrunde in größere Kontexte eingeordnet. Ziel einer jeden Expedition ist es, das Umweltbewusstsein der Schülerinnen und Schüler zu fördern. Sei es, dass sie sich der Verschmutzung der Meere durch Plastikmüll bewusster werden, den Unterschied ökologischer und konventionell genutzter Flächen wahrnehmen oder dass sie sich Gedanken über den Verlust von Biodiversität oder den Einfluss des steigenden Meeresspiegels auf unsere Küsten Gedanken machen. Am Ende jeder Expedition wird daher über Möglichkeiten des Umwelthandelns mit den Schülerinnen und Schüler gesprochen. Was ist politisch und gesellschaftlich sinnvoll und machbar und was kann jeder selbst tun? Als Abschluss der Expedition zeigt die Reportergruppe ihren Film und lässt so das gesamte Projekt noch einmal Revue passieren.

Kieler Forschungswerkstatt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel & Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Am Botanischen Garten 14f | 24118 Kiel



Kontakt: Dr. Katrin Schöps und Dr. Katrin Knickmeier

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFLWG}

Klassenstufen und Schulart(en): Klasse 10–13, alle Schularten

Fachrichtungen: Biologie, Chemie, Physik, Geographie

Angebot für: ganze Schulklassen

Zeitaufwand: 3–4 Tage

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und angeleiteten Komponenten
● Freies Arbeiten: Schülerinnen und Schüler können eigene Fragestellungen entwickeln und erforschen ● Einblicke in die Berufswelt ● Erstellung von Zukunftsvisionen
● Erstellung eines Films

GirlsGo4Green – Mit Energie das Klima wandeln!

In den letzten zwanzig Jahren ist der Umweltschutz in Deutschland ein wesentlicher Wirtschafts- und Standortfaktor geworden. Diese Entwicklung wurde vor allem durch die Innovationskraft kleiner und mittelständischer Unternehmen getragen. Um diese Stellung weiter auszubauen, bedarf es qualifizierter und motivierter Nachwuchskräfte, insbesondere aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich. Ein deutlicher Anstieg des MINT-Fachkräftemangels in den letzten Jahren stellt jedoch ein immer größer werdendes Problem für dieses Ziel dar. Andererseits vergrößert ein Fachkräftemangel für Jugendliche und speziell für Mädchen die Chancen auf dem Arbeitsmarkt, wenn sie entsprechend informiert sind – so sie sich denn für diese Berufe interessieren.

Das Projekt GirlsGo4Green startete im August 2012 und wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt finanziell unterstützt. Es richtete sich an Schülerinnen der 8./9. Klassen aller Schulformen in ganz Deutschland. GirlsGo4Green hatte das Ziel, Mädchen über einen innovativen, die gesellschaftlich-sozialen und kommunikativen Fähigkeiten integrierenden und damit ganzheitlichen Ansatz anzusprechen, um ihnen ein starkes MINT-bezogenes Selbstkonzept in Anlehnung an ihr Selbstbild im gesellschaftlich-sozialen Bereich zu vermitteln.

Gleichzeitig bekamen die Mädchen durch enge Kooperationen mit verschiedenen Firmen und Forschungseinrichtungen aus der Umweltbranche Einblicke in die vielfältigen und oftmals neuartigen Tätigkeitsfelder der sich rasant weiterentwickelnden Umweltbranche. Durch ein fundiertes Umweltwissen sowie die Verbesserung des eigenen Umweltbewusstseins sollten die Teilnehmerinnen befähigt werden, gesellschaftliche Fragestellungen rund um die Themen Energie, Klima und Umwelt zu diskutieren und zu bewerten, um so die Grund-

lage für ein umweltbewussteres und nachhaltigeres Handeln zu schaffen.

Die Verbindung von gesellschaftlich-sozialen Fragen mit MINT-Themen zeigte sich nicht nur in den Inhalten des Projekts, sondern auch in der Ausgestaltung der Veranstaltungen. Die Projektstruktur erfolgte durch drei fundamentale Säulen, die alle das Wechselspiel von naturwissenschaftlich-technischen Fragestellung und gesellschaftlich-sozialer Bewertung berücksichtigten. Dieses Projektdesign sollte dazu beitragen, die Mädchen in ihrer speziellen Lebenssituation zu erreichen und im längerfristig angelegten Projektverlauf durch kontinuierliche Bindung über den Projektzeitraum zu einer Veränderung ihres Umweltwissens und Umweltbewusstseins führen.

Die erste Säule bildeten die experimentellen, ganztägigen Workshops, die einmal pro Halbjahr stattfanden. Alle Mädchen experimentierten explorativ und frei von Vorgaben an forschungsnahen Fragestellungen gemeinsam in kleinen Gruppen. Die Tutorinnen dienten als biographienahen Vorbilder. In den Workshops wurde ein klarer Bezug zu sozialen, ethischen und gesellschaftspolitischen Fragen hergestellt. Mit dem Ziel, die Mädchen in den Workshops zu Problemlöserinnen der drängendsten Fragen von Energie, Umwelt und Klima auszubilden, entwickelten sie durch die Versachlichung emotionaler Themen wie dem Klimawandel oder erneuerbare Energien eine erhöhte Technikakzeptanz sowie ein Bewusstsein für umweltgerechtes Verbraucherverhalten. Die insgesamt drei Workshops standen jeweils unter einem anderen Motto, das sich sowohl auf die Inhalte als auch auf die zugehörigen sogenannten Greengirls@work-Events im Veranstaltungshalbjahr erstreckt: „Wat(t) ist das denn?“, „Mit Sonne und Wind gegen den

(Atom-)Strom“ und „Ist das noch Wetter oder schon Klima?!“.

Im ersten experimentellen Workshop thematisierten die Teilnehmerinnen die Begriffe „Energie und Energieeffizienz“. Eine Sensibilisierung für den Wert von Energie durch das Erfahren am eigenen Körper sowie ergebnisoffene Experimente zum alltäglichen Energieverbrauch jeder Teilnehmerin wurden gekoppelt an Fragestellungen zum Stoffwechsel des Menschen, dessen Veränderung im Lebensverlauf sowie zum schonenden Umgang mit Energieressourcen. Dieser Workshop hatte zum Ziel, exemplarisch Lebensstile und Konsummuster der Teilnehmerinnen zu thematisieren und eigene Konzepte für ein umweltgerechtes Verbraucherverhalten im Umgang mit Energie zu entwickeln und in Familie und Bekanntenkreis umzusetzen.

Der zweite Workshop behandelt das Thema „Erneuerbare Energien“. Ziel dieses Workshops war es, dass die Teilnehmerinnen ihr erworbenes Wissen über verschiedene Formen von erneuerbaren Energien nutzen können, um sachlich fundiert ihre Positionen zu den Energieformen der Zukunft austauschen zu können und damit einen Beitrag zur

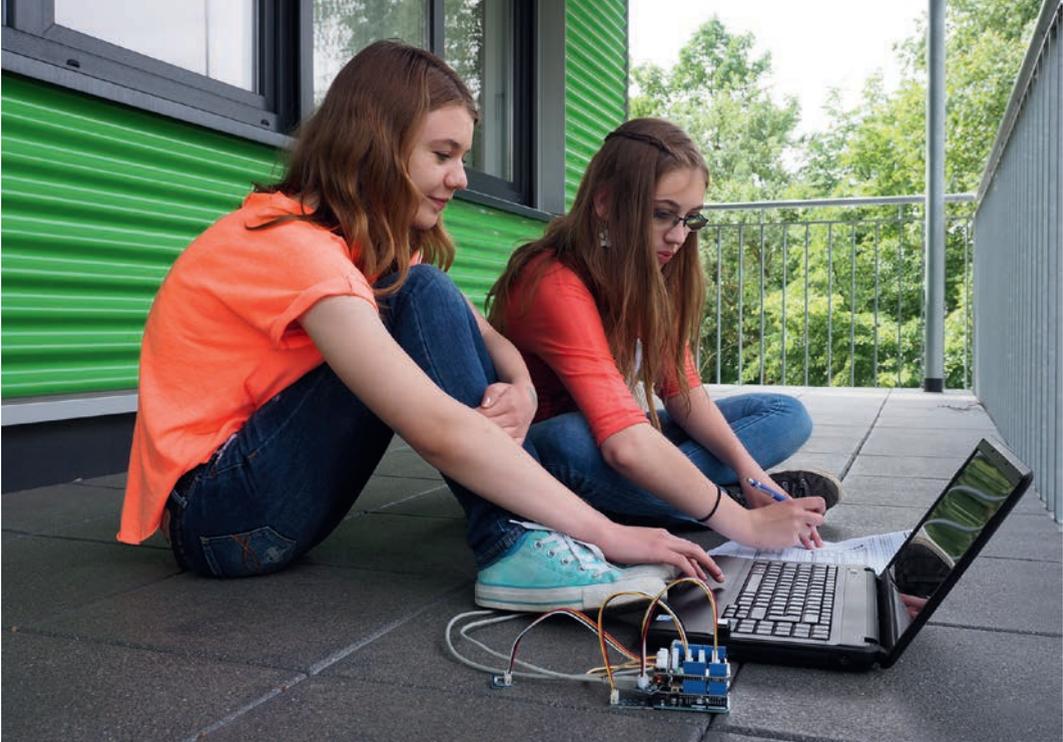
Technologieakzeptanz zu leisten. Unter dem Motto „Ist das noch Wetter oder schon Klima?!“ beschäftigten sich die Mädchen im dritten großen Workshop thematisch mit dem Klimawandel. Explorative Experimente sowie die kritische Auseinandersetzung mit der tatsächlichen Aussagekraft von Klimamessdaten thematisierten Fragen zum Umgang mit der Zukunft unseres Planeten, der Folge unseres Handelns und unserer Verantwortung für kommende Generationen. Dieser Workshop hatte zum Ziel, exemplarisch vorhandene und kontroverse Positionen in der Gesellschaft zum Klimawandel mit dem im Workshop neu erworbenen Wissen sachlich und kritisch zu hinterfragen.

Die zweite Säule bildeten die Greengirls@work-Events und wurden gemeinsam mit verschiedenen Firmen, Forschungseinrichtungen und Umweltschutzorganisationen durchgeführt. Die themenfokussierten und workshopartigen Events ermöglichten eine Vertiefung der Fachinhalte, zeigten die Relevanz und Aktualität eines Themas und boten authentische Einblicke in die zumeist vielschichtige, interdisziplinäre und sich sehr dynamisch entwickelnde Arbeitswelt der Umwelt-

branche. Das Thema Energie, Klima und Umwelt als Leitmotiv wurde bei dieser Form der Veranstaltung klar mit Berufsorientierung verknüpft. Der Titel „Greengirls@work“, frei übersetzt „Greengirls bei der Arbeit“ machte diese Verknüpfung im Sprachgebrauch der Mädchen prägnant deutlich. Die Greengirls@work-Events hatten

Die Greengirls untersuchen, wie verschiedene Oberflächen der Erde das Sonnenlicht unterschiedlich gut in den Weltraum reflektieren und erklären sich damit einen Teilaspekt des Treibhauseffekts.





Zwei Teilnehmerinnen von GirlsGo4Green testen ihre selbstprogrammierte Wetterstation auf dem Balkon des MExLab-Gebäudes.

(Fotos: MExLab ExperiMINTe)

zum Ziel, den Teilnehmerinnen einen lebendigen Einblick in das jeweilige Berufsfeld im Energie- und Umweltsektor zu bieten und persönliche Kontakte zu ermöglichen. Dazu bestand ein Event aus verschiedenen Aktivitäten, die eng mit der jeweiligen Einrichtung abgestimmt wurden. So war es möglich, ein Programm zu erstellen, das genau auf die Anforderungen der Greengirls abgestimmt werden konnte. Eine wichtige Rolle während der Greengirls@work-Events spielt der Einsatz von Role Models. Weibliche Mitarbeiterinnen, unter anderem auch in Führungspositionen, begleiteten die Teilnehmerinnen und stellten ihre Karriereverläufe vor. So ermöglichten sie im Laufe des Tages den Mädchen, in persönlichen Gesprächen empathische sowie reale, greifbare Ansätze für Karrieren in diesem Bereich zu entwickeln. Die Teilnehmerinnen hatten so auch die Gelegenheit, die ganz verschiedenen Persönlichkeiten der Mitarbeiterinnen kennenzulernen und sich mit ihnen zu identifizieren. Diese Form diente der Schaffung und Festigung positiver Rollenbilder und ermutigte die Teilnehmerinnen zur Ergreifung von MINT-Berufen.

Komplettiert wurde die Projektstruktur durch eine Internetplattform als dritte Säule des Projekts, die dem Bedürfnis der Mädchen nach kreativer Beschäftigung mit dem Thema entgegen kam. In einer Webcommunity konnten sich die Mädchen mit den anderen Greengirls austauschen und über ihre Erfahrungen aus den Workshops oder den Greengirls@work-Events berichten. Es wurden Rätsel, aktuelle Diskussionsthemen und Berichte über die Erlebnisse bei GirlsGo4Green präsentiert. Ergänzt wurde diese Plattform durch Aktivitäten in sozialen Netzwerken, um die Kommunikation mit den Mädchen und deren Vernetzung untereinander auch auf interaktiver und multimedialer Erfahrungsebene zu transportieren. Eine eigene Facebook-Projektseite informierte die Mädchen über bevorstehende Veranstaltungen und sorgte für eine Nachberichterstattung der vergangenen Events.

Eine Auftakt- und eine Abschlussveranstaltung, zu denen neben den Schülerinnen auch Eltern, Lehrkräfte sowie alle beteiligten Stakeholder eingeladen waren, da diese einen starken Einfluss auf die Haltung und Berufswahlentscheidung von

Jugendlichen inne haben, rundeten die Projektaktivitäten ab. Diese fanden jeweils in einem Hörsaal der Universität Münster statt. Die universitäre Ausrichtung der Auftaktveranstaltung verfolgte zwei Ziele. Einerseits konnte so allen Eingeladenen der Ort der Projektaktivitäten vorgestellt werden, so dass das Vertrauen von Eltern, Lehrkräften und beteiligten Akteuren in das Projekt verstärkt werden konnte. Andererseits konnten die Bewerbungen der Teilnehmerinnen, die aus einer Vielzahl von Ideen bestanden, von diesen selbst bereits präsentiert werden und somit auch eine erste aktive Gestaltung im Projekt durch die Teilnehmerinnen erfolgen. Eingereicht wurden unter anderem Filme, Collagen, Plakate, selbst gebaute Städte und Gedichte. Die Abschlussveranstaltung erfolgte in Form einer „Fachtagung“. Die Teilnehmerinnen fungierten als Expertinnen und präsentierten den Teilnehmenden

der Abschlussveranstaltung ihre Ideen und Experimente rund um die Themen Energie, Klima und Umwelt in Form von Posterständen. Die Mädchen konnten so die im Projekt erworbenen oder verstärkten Nachhaltigkeits- und Umwelt-Kompetenzen nach außen zeigen und damit wiederum ihr naturwissenschaftlich-technisches Selbstbild positiv stärken.

Literatur

- Gollnick, G. (2013). Geben ohne Kalkül: Engagementmotivationen klein- und mittelständischer Unternehmen. Springer-Verlag, 2013.
- Pfenning, U. und Renn, O. (2012). „Internationale MINT-Bildung aus soziologischer Sicht.“ Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Beinke, L. (2006). Der Einfluss von Peer Groups auf das Berufswahlverhalten von Jugendlichen. Übergang Schule und Beruf (2006). S. 249-265.

Münsters Experimentierlabor (MExLab ExperiMINTe)

Westfälische Wilhelms-Universität Münster (WWU Münster)
Corrensstraße 2b | 48149 Münster | Nordrhein-Westfalen



Kontakt: Dr. Inga Zeisberg

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KWB}

Klassenstufen und Schularf(en): Schülerinnen der 8./9. Klassenstufe aller Schulformen

Fachrichtungen: Energie, Klima, Umwelt, Berufs- und Studienorientierung, MINT-Umweltbildung

Angebot für: einzelne Interessierte, die über die kooperierenden Schulen akquiriert wurden

Zeitaufwand: Langzeitprojekt über einen Zeitraum von 1,5 Jahren

Didaktische Methoden: ● Geführt forschendes Experimentieren und Lernen. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● „hands-on“-Exponate zum Ausprobieren wie im Museum oder Science Center ● Einblicke in die Berufswelt: Berufs- und Studienorientierung ● Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften und Technik ● Erstellung von Zukunftsvisionen

solaris-Cup

Die solaris Jugend- und Umweltwerkstätten arbeiten seit vielen Jahren mit dem methodischen Ansatz der Schülerwettbewerbe zur Vermittlung von MINT-Kompetenz. Seit 1999 wird dafür jährlich ein Solarmodellrennen, der solaris-Cup, unter dem Motto „Solar – na klar“ für Schülerinnen und Schüler sowie für Auszubildende in Sachsen ausgerichtet. Regionale Wettbewerbe finden dafür in Chemnitz, Dresden und Leipzig statt. Daran nehmen jährlich in jeder Region ca. 120 Kinder teil, die etwa 50 bis 60 Solarmodelle vorstellen. In die Organisation und Durchführung werden weitere Partner, Interessenten und Enthusiasten vor Ort einbezogen.

Das Anliegen des Wettbewerbes ist es, bei den teilnehmenden Mädchen und Jungen durch eigenes Bauen, Basteln und Probieren viel Neugier und Interesse an Naturwissenschaft und Technik zu wecken bzw. zu stärken. Im Wettstreit wird das eigene Können ins Verhältnis zu den Ergebnissen Gleichgesinnter gesetzt.

Parallel dazu werden den Kindern und Jugendlichen weitere Kompetenzen vermittelt: Aktuelle Themen, wie der verantwortungsbewusste Umgang mit den natürlichen Ressourcen und mit Umweltfragen, der Stellenwert und der Wandel von individueller Mobilität und der Energieverbrauch in unserer Gesellschaft spielen eine wichtige Rolle. Der ganzheitliche Ansatz des Wettbewerbes hat außerdem gleichermaßen zum Ziel, weitere soziale Kompetenzen wie die Team- und die Kommunikationsfähigkeit zu befördern.

Mobilität ist ein wesentlicher Bestandteil der Lebenswelt der heutigen Jugend und hat mehr Bedeutung und Einfluss denn je. Die Heranwachsenden verbinden damit Freiheit, Unabhängigkeit und Flexibilität. Schon sehr früh erkennen Kinder, welche Möglichkeiten sich ihnen mit zunehmender Mobilität eröffnen. Dies setzt sich auch im jugendlichen Alter fort und bei diesem Thema setzt der Wettbewerb an.

Für den solaris-Cup bauen die Teilnehmer ein kleines solarbetriebenes Boot oder Fahrzeug und beschäftigen sich dabei mit der Gewinnung von Sonnenenergie und deren Nutzungsmöglichkeiten. Sie lernen, wie Mobilität auch ganz „natürlich“ funktionieren kann, welche Rahmenbedingungen dafür notwendig sind und warum die reale Umsetzung so herausfordernd ist. Gewonnene Erkenntnisse werden in einem themen- oder mottobezogenen Poster verarbeitet und kreativ dargestellt. Die Bewertung der eingereichten Poster fließt in den Wettbewerb ein.

Ablauf des Wettbewerbes

Bevor sich die Kinder und Jugendlichen für eine Teilnahme am Wettbewerb anmelden, müssen sie sich (entsprechend ihres Alters) für eine von sechs Rennklassen entscheiden und Vorbereitungen treffen.

Es gibt zwei Kategorien „Solarboote“ (1) und „Solarautos“ (2) mit jeweils drei Rennklassen:

Solarboote:

- Solarboot mit Luftschraubenantrieb
- Solarboot mit Schiffsschraubenantrieb
- Solarboot mit freiem Antrieb/„kreativ“

Solarautos:

- Solarauto „traditionell“
- Solarauto mit Fahrtrichtungsumschalter
- Solarauto „kreativ“

Zusätzlich wird ein A2-Poster zum Thema „Mobilität und Ökologie“ angefertigt, welches unabhängig vom Modell bewertet wird. In den Rennklassen „Solarboot kreativ“ und „Solarauto kreativ“ wird es in die Gesamtbewertung einbezogen.

Die Teilnahme kann als Team (zwei oder drei SchülerInnen) sowie als Einzelstarter erfolgen.

Wenn die Entscheidung für eine Rennklasse ge-

fallen ist, erhalten die Tüftler vom Veranstalter die Wettbewerbsbedingungen und einen Bausatz. Dieser setzt sich je nach Rennklasse unterschiedlich zusammen.

Die Bausätze für die Boote enthalten ein Solarmodul, einen Motor, eine Halterung (Motorspanne) und entsprechende Teile für das jeweilige Modell, bspw. eine Luft- oder Schiffsschraube.

Die Bausätze für die Autos hingegen beinhalten zwei Solarmodule, ein Getriebebausatz mit Motor und Halterung und, wie bei den Booten, entsprechende Teile für das jeweilige Modell, bspw. ein Gold-/Green-Cap für die Autos mit Fahrtrichtungsumschalter.

Das Wettbewerbsreglement definiert u. a. die Verwendung der Bauteile. So dürfen bspw. keine anderen Bauteile benutzt werden als die vom Veranstalter ausgegebenen bzw. sind Zwischenspeicher und zusätzliche Batterien für die Unterstützung des Antriebs nicht erlaubt.

Des Weiteren sind die Maße, die je nach Modell variieren, vorgegeben und die TeilnehmerInnen sind dazu angehalten, umweltverträgliches Material zu nutzen.

Ansonsten sind der Phantasie keine Grenzen gesetzt und die TeilnehmerInnen haben freie Wahl in der Gestaltung ihrer Modelle.

Der Veranstalter bietet fachliche Unterstützung beim Bau der Modelle. Dies kann auf Anfrage in den solaris Jugend- und Umweltwerkstätten (Schülerlabor) erfolgen, es führen aber auch qualifizierte Mitarbeiter solche Kurse in den Schulen durch, bspw. im Rahmen der Ganztagschule. Darüber hinaus bietet der Veranstalter ganzjährige Arbeitsgemeinschaften an, in denen die SchülerInnen schrittweise, kontinuierlich und langfristig ihre Autos und Boote bauen können. Genauso gut haben die Kinder die Möglichkeit, auch mit Eltern oder Großeltern in der Garage zu tüfteln oder sich gar allein auszuprobieren.

Sollte sich das Modell aber gar nicht vom Fleck rühren, so findet sich beim Veranstalter jederzeit ein kompetenter Helfer und Ansprechpartner.

Der Wettbewerb wird in allen Orten mit ähnlichem Ablauf und bei gleichen Rahmenbedingungen (Rennstrecke und Wasserrennstrecke) durchgeführt.

Der Wettbewerb beginnt mit der Anmeldung der TeilnehmerInnen und der Abnahme der Modelle und Poster. Modelle, die nicht regelkonform sind, werden ausgeschlossen.

Nach dem Ankommen und Einschreiben haben die Kinder die Möglichkeit, die Boote und Autos auf der Rennstrecke auszuprobieren und letzte Mängel an einem eingerichteten Reparaturstützpunkt zu beheben.

Anschließend beginnt für alle Modelle, außer den „Kreativen“, die Qualifizierung im Zeitfahren. Dabei werden die Paarungen für das Achtelfinale bestimmt. Die Endläufe bzw. das Finale werden nachfolgend im KO-System ausgetragen.

Parallel dazu bewertet eine Jury die Kreativmodelle. Dies umfasst die Vorstellung des Modells und des dazu gehörigen Posters durch die Teams, die Überprüfung der Fahrtüchtigkeit und die Einschätzung der Gestaltung sowie der technischen Innovation. Besonderes Augenmerk wird auch auf die verwandten, möglichst umweltfreundlichen, Materialien gelegt. In der Kreativklasse finden keine Rennen statt.



Prämiert werden die Plätze 1 bis 3 je Rennklasse, die kreativsten Modelle und die aussagekräftigsten Poster in den Kategorien „Boot“ und „Auto“. Die Gewinner der Rennklassen qualifizieren sich für einen Landeswettbewerb, den solaris-Cup Sachsen. Die dortigen Sieger und Platzierten nehmen automatisch auch am Bundeswettbewerb teil.

Für die Kinder und Jugendlichen stehen der Wettbewerb und ein gutes Abschneiden im Vordergrund. Doch eigentlich ist der Weg zum Erfolg das pädagogische Ziel. Die Teilnehmenden befinden sich von Anfang an in einem tiefgreifenden Lernprozess, zumeist ohne sich dessen selbst bewusst zu sein. Die Entscheidung für eine Rennklasse bildet die Grundlage für alle weiteren Arbeitsschritte und die gilt es, kontinuierlich und gewissenhaft abzarbeiten.

Durch die Wettbewerbsbedingungen lernen die TeilnehmerInnen es auch, sich an Vorgaben und Regeln zu halten. Gleichzeitig haben sie die Möglichkeit, sich kreativ auszuleben, sich ohne Bewertung auszuprobieren und auch mit Fehlern positiv umzugehen.

Das Format „Wettbewerb“ wirkt außerordentlich motivierend. Es fördert die Lern- und Leistungsbereitschaft wie auch Ausdauer und Beharrlichkeit, denn das Ziel ist es, den Wettbewerb zu gewinnen.

Die dabei entstehende positive Spannung befördert auch die Aufnahme von Wissen, eine Aneignung fachlicher Kompetenzen und letztlich die Stärkung des Umweltbewusstseins.

Die SchülerInnen setzen sich – ganz nebenbei – aktiv mit den Themen Solarkraft, zukünftig verfügbare Ölressourcen und Energiegewinnung auseinander und werden für umweltpolitische Fragen sensibilisiert. Das fachliche Spektrum geht weit über die Ökologie hinaus. Physikalische und technische

Fragen werden angerissen. Die Kinder beschäftigen sich bspw. mit der Energiegewinnung aus Sonnenlicht, der Mechanik und Getriebetechnik, mit elektrotechnischen Grundlagen oder der Funktionsweise eines Elektromotors. Zudem erlangen sie auch handwerkliche Fähigkeiten und wenden Techniken an wie Löten, Kleben, Bohren, Schneiden, Schrauben usw. und schulen dabei auch ihre Feinmotorik.

Nicht zuletzt lernen die Teilnehmer, mit Rückschlägen umzugehen, im Wettbewerb „nur“ der Zweite zu sein oder in der Tabelle noch weiter hinten zu landen.

Aktuelle Forschungen zur Solarenergie

Die Nutzung der Solarenergie steckt nicht mehr in den Kinderschuhen. Eine Vielzahl von Anlagen zur direkten Umwandlung des Sonnenlichtes in Elektroenergie sind im gesamten Bundesgebiet in Betrieb und stellen zuverlässig einen Anteil von über 6% an der deutschen Bruttostromerzeugung dar.

Dennoch ist die Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet längst nicht abgeschlossen – neue Materialkombinationen versprechen sinkende Rohstoff- und Verarbeitungskosten oder Wirkungsgraderhöhungen und dadurch geringere spezifische



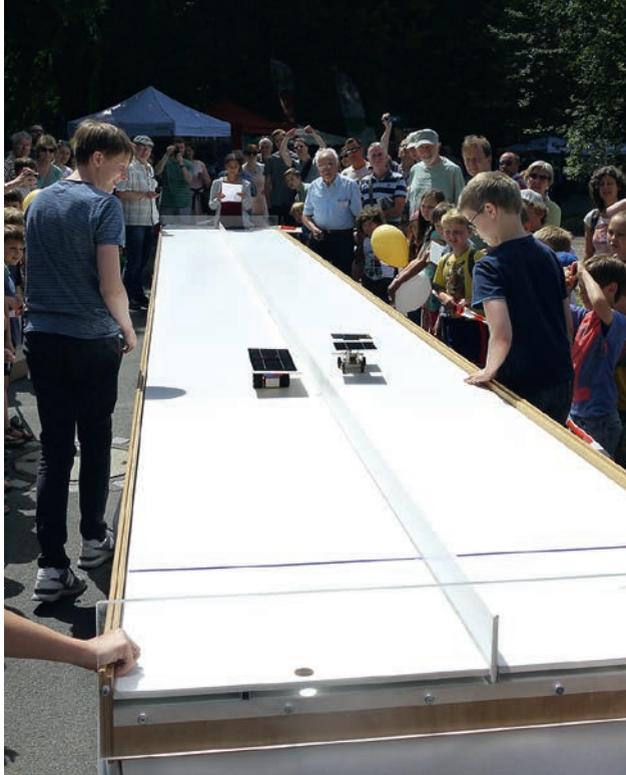
Teilnehmerin beim Start.

Preise für die erzeugte Elektroenergie. Eine weitere ungelöste Frage stellen Speichermöglichkeiten dar – die Mittagsspitze des eingespeisten Solarstromes muss bei weiterem Ausbau dieser Energiequelle zwingend verringert werden, um Erzeuger regenerativer Quellen nicht drosseln oder gar abschalten zu müssen.

In den solaris Jugend- und Umweltwerkstätten haben die meisten Jugendlichen erstmals die Möglichkeit, mit Solarzellen zu experimentieren und Erfahrungen mit dieser Technik zu sammeln. Da in unserer Einrichtung mit realen Zellen gearbeitet wird, steht Experimenten mit speziellen Solarzellen oder externen Komponenten nichts im Weg – ein unglaublicher Vorteil gegenüber allen anderen Energieumwandlungsprozessen.

Rennstrecke

(Fotos: solaris FZU gGmbH)



solaris Jugend- und Umweltwerkstätten

solaris Förderzentrum für Jugend und Umwelt gGmbH Sachsen
Neefestraße 88b | 09116 Chemnitz | Sachsen



Kontakt: Gesine Schröter

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KFBU}

Klassenstufen und Schularf(en): Kinder und Jugendliche im Alter von 8 bis 20 Jahren. Boote für die Klassenstufen 3 bis 6. Autos für die Klassenstufen 4 bis 12 (Solarauto „traditionell“ – Klasse 4 bis 8, „kreativ“ – Klasse 4 bis 12 und mit Fahrtrichtungs-umschalter – Klasse 7 bis 12). Für alle Schultypen.

Fachrichtungen: Physik, Technik, Ökologie

Angebot für: ganze Schulklassen/Gruppe, einzelne Interessierte

Zeitaufwand: Dauer des Wettbewerbs ca. 6 Stunden, benötigte Zeit für den Modellbau ca. 15 bis 20 Zeitstunden (Modellbau)

Didaktische Methoden: ● Projektarbeit mit eigenen und angeleiteten Komponenten
● Geführt forschendes Experimentieren. Schüler bekommen für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt ● Forschendes Experimentieren. Schüler arbeiten an vorgegebenen Fragestellungen mit eigenen Lösungsvorschlägen





Nachhaltigkeitsbildung im Anthropozän – Herausforderungen und Anregungen

Reinhold Leinfelder

Laut Umfragen haben Umweltschutz und Umweltverantwortung in Deutschland zwar einen relativ hohen Stellenwert, dennoch sind sie mit einem umfassenden Satz gesellschaftlicher und individueller, meist psychologischer Herausforderungen konfrontiert. Gleichzeitig geht unser bisheriger Nachhaltigkeitsbegriff eher von einem frei ausverhandelbaren und ggf. priorisierbaren Schnittmengenansatz aus, anstatt auf Interdependenzen und auf die Einbettung all unserer Aktivitäten in ein funktionsfähiges Erdsystem zu fokussieren. Die Konzepte der planetaren Leitplanken und planetaren Grenzen sind ein wesentlicher Schritt in die Einbindung der Nachhaltigkeit in das gesamte Erdsystem, gleichzeitig sind sie jedoch auch wieder sektoral aufgebaut und zudem unvollständig, etwa durch die fehlende Berücksichtigung weiterer nicht erneuerbarer Ressourcen, wie metallischer und sonstiger mineralische Rohstoffe. Erst die Verknüpfung mit den nachhaltigen Entwicklungszielen der UN birgt nun einen stärker integrativen Ansatz. Dieser Ansatz kann durch den Kontext des Anthropozäns fruchtbar erweitert werden, indem unproduktive duale Diskussionen wie „*Natur versus Kultur*“, „*gut versus böse*“, „*richtig versus falsch*“ etc. von integrativen Ansätzen sowohl in der Problemanalyse als auch bei den Lösungsmöglichkeiten abgelöst werden. Aus diesem Anthropozän-Kontext können ein neuer Nachhaltigkeitsgedanke, neue Narrative und ein kreativer gestalterischer Ansatz gerade auch für die MINT-Nachhaltigkeitsbildung entwickelt werden. So lassen sich etwa in MINT-basierten Schülerlaboren partizipative Monito-

ringprojekte und polyspektrische Lösungsansätze konzipieren, ausprobieren, ggf. rekonfigurieren und zumindest exemplarisch umsetzen. Dieser Beitrag diskutiert einige Herausforderungen für die Nachhaltigkeitsbildung im Anthropozän und versucht einige Anregungen für Lösungsansätze zu geben.

Psychologische Herausforderungen bei Umweltproblematiken – eine Auflistung

Kognitive Dissonanzen, dabei insbesondere Fehleinschätzungen der eigenen Aktivitäten, sowie Skalenverkennungen, aber auch Überlastung durch Komplexitäten bei den Umweltproblematiken führen zu einer Fülle kontraproduktiver Reaktionen. Einiges davon sei nachfolgend kurz angerissen (vgl. auch Leinfelder 2013a,b):

Gefühlte Begrenzung von Umweltproblematiken durch Ikonisierung: Die Gefährdung von Umweltikonen wie Eisbär, Panda, Wal ist real. Eine Fokussierung nur darauf ist zwar als Maßnahme zur persönlichen Komplexitätsreduzierung nachvollziehbar, hat dann allerdings oft keine Stellvertreterfunktion auch für andere Problematiken, sondern blendet diese aus. Auch die mit den Ikonen verbindbaren umfassenderen Verknüpfungen (Klima, allgemeine Biodiversitätskrise, allgemeine Überfischung etc.) werden dabei wenig reflektiert. Spenden oder anderer Einsatz für die ausgewählten Ziele kann in diesen Fällen „Ablasshandel“-artige Züge annehmen. Hinter dieser Reduktionsstrategie steckt häufig eine Überforderung nicht nur durch die aktuelle, überaus komplexe globale Umweltproblematik, sondern auch durch viele weitere gefühlte oder

auch tatsächliche Problematiken aus dem persönlichen, gesellschaftlichen oder politischen Umfeld.

Ergötzen an der Apokalypse: Vielleicht auch mitgeprägt durch allseits bekannte und beliebte Heldenfilme wird die Umweltsituation als grundsätzlich nicht mehr lösbar angesehen, es sei denn, eine „Umwelheldin“ oder ein „Umweltheld“ würde uns alle retten. Selbst könne man jedoch eigentlich nichts beitragen.

Auch **weitere Verdrängungsmechanismen** bzw. angebliche Gründe, derzeit lieber keine Umwelt-

schutz- und -vorsorgeaktivitäten zu entfalten, sind weit verbreitet. Neben der „alles zu spät“-Ausrede ist auch die Sichtweise häufig, man sollte erst etwas tun, wenn bessere Technologien (z. B. Kernfusion) verfügbar seien, statt etwa eine „*Verspargelung der Landschaft*“ durch Windkraft vorzunehmen. Auch wird gerne behauptet, die Natur sei sowieso viel stärker als der Mensch, was so keinesfalls stimmt (derzeit stoßen z. B. alle aktiven Vulkane nur etwa ein Hundertstel dessen aus, was die Menschheit an CO₂ aus fossilen Energieträgern emittiert (Neu

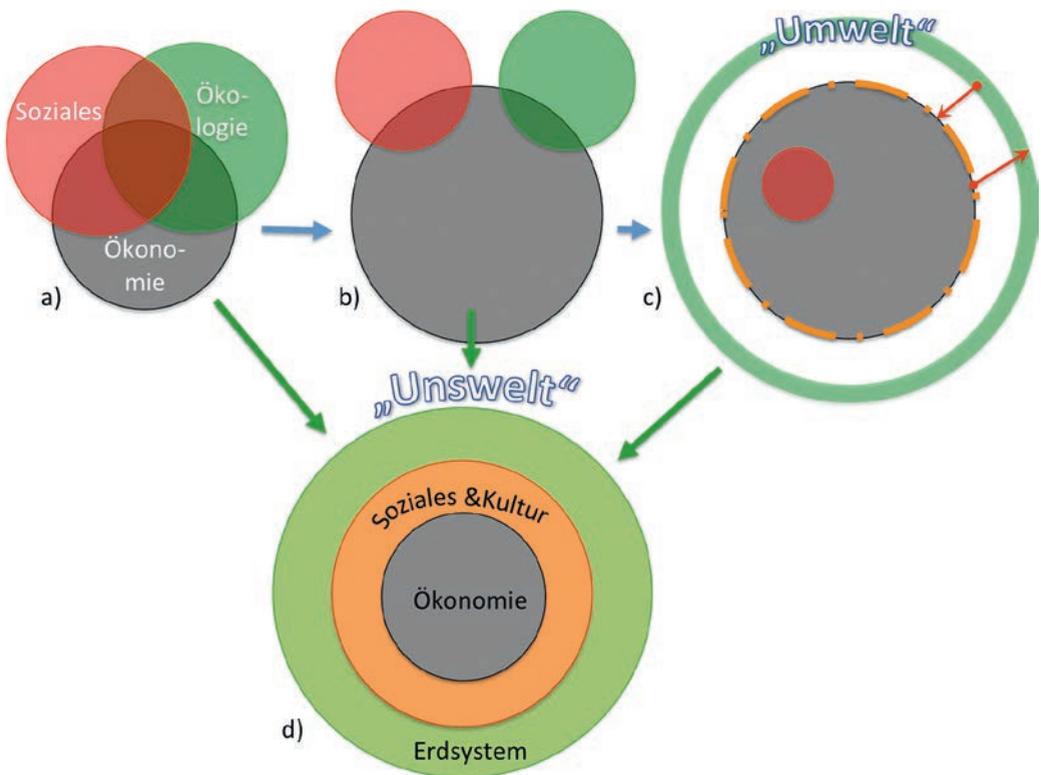


Abb. 1: Ansätze und Verzerrungen des Nachhaltigkeitskonzepts. a) Der Schnittmengenansatz des Dreisäulenmodells gemäß Brundtland-Bericht; b) Verzerrung zum „Mickey-Mouse“-Modell, bei dem ökologische und soziale Nachhaltigkeitsaspekte ökonomischen Überlegungen weichen müssen; d) häufig dient die soziale Komponente als „Energiegeber“ („Mitochondrium“) für ökonomisches Wachstum, während die ökologische Komponente als externalisierte, zwar wertzuschätzende, aber doch stark entkoppelte „Umwelt“ wahrgenommen wird; e) ein anthropozänes „Unswelt“-Nachhaltigkeitskonzept ummantelt die Ökonomie durch eine soziale und kulturelle Sphäre, wobei all dies in ein funktionsfähiges Erdsystem eingebettet ist.

2014). Beliebt sind in diesem Zusammenhang auch Skalenverkennungen, etwa wie „*irgendwann fällt eh wieder ein Asteroid auf uns, also warum jetzt dieser Aufwand?*“ oder auch der nur als zynisch anzusehende wiederausgegrabene Witz aus den 1990ern, bei dem ein fremder Planet an der Erde vorbeikommt und meint „*Oh, du siehst aber krank aus*“, worauf die Erde entgegnet „*ja, ich habe Mensch*“. Die Antwort des Planeten darauf: „*Macht nichts, das geht vorüber*“. Auch hier wird keine Handlungsnotwendigkeit impliziert, denn „das Problem“ löse sich ja sowieso irgendwann einmal von selbst.

Nichtfatalisten arbeiten hingegen gerne mit **pauschalen Schuld- und Verantwortungszuweisungen** an DIE Wirtschaft, DIE Politik, DEN Kapitalismus, DIE Überbevölkerung – eine weitere beliebte Selbstbeschwichtigung, um selbst nicht mit in der Verantwortung zu stehen. Eine derartige Sichtweise ist sicherlich zum Teil auch eine Gegenreaktion von Aussagen mancher Wirtschaftsunternehmen oder Politiker, welche behaupten, die Nachhaltigkeit müsse doch wohl durch das Verbraucherverhalten geregelt werden: wenn sich dieses ändern würde, käme auch die Nachhaltigkeit voran und die Wirtschaft würde sich darauf einstellen. In dieser Einseitigkeit und Ausschließlichkeit sind gegenseitige Verantwortungszuweisungen kontraproduktiv.

Auch aktives nichts-ändern-wollen ist durchaus verbreitet, vor allem wenn es mit **Verlustängsten** einhergeht. Hierzu genügt schon eine gefühlte Verlustangst. Tatsächlich verursachen auch Teile der Politik derartige Ängste, wie bei der Verknüpfung der Braunkohlefrage mit Arbeitsplätzen in Deutschland oder auch bei der Vogelschutzfrage im Zusammenhang mit Windkraft. Hier können im Einzelfall durchaus berechnete, allgemein betrachtet allerdings auch stark übertriebene, teils sehr persönliche Bedenken („nimby“-Strategie) von Lobbygruppen zu ganz anderen Zwecken, nämlich zur Aushebelung der Energiewende benutzt werden. Beispiele hierfür aufzuzählen, würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen.

Aber auch überzeugtes selbst-aktiv-handeln-

wollen kommt oft nicht zur Umsetzung, weil letztendlich **persönliche Bedenken** wieder Ausflüchte ermöglichen. So sind an die „Tragik der Allmende“ erinnernde Übervorteilungsängste hinderlich („*Warum soll ich für Ernährung, Heizung oder Fortbewegung mehr ausgeben als mein Nachbar?*“), auch die Skalenfrage ist schwierig („*Was kann ich als einer von 7,5 Milliarden Menschen schon tun?*“) und teilweise führt das Nachdenken über die richtige Wahl („*Mein Haus dämmen oder doch lieber Solarpaneele aufs Dach? Beides schaffe ich aus finanziellen Gründen nicht*“) dazu, dass letztendlich keine Entscheidung getroffen wird und nichts passiert (vgl. hierzu die Metapher von Buridans Esel).

Nachhaltigkeit und Umwelt – Begriffe mit Schwierigkeiten

Der allgemein, gerade auch in Politik und Wirtschaft genutzte Nachhaltigkeitsbegriff basiert auf dem Dreisäulenmodell des Brundtland-Berichts (UN 1987) und definiert Nachhaltigkeit als möglichst große Schnittmenge zwischen ökonomischer, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit (Abb. 1a). Als Durchbruch gefeiert, da hier eben erstmals auch Ökonomie und Soziales mit der Ökologie verknüpft wurden, ist dieses Modell inzwischen allerdings zu einer Rechtfertigung dafür geworden, im Zweifelsfall eben doch die Ökologie der Ökonomie unterzuordnen, damit es keine soziale Härten gäbe – ein gerne verwendetes Argument nicht nur in Deutschland, um die Energiewende nicht in der notwendigen Konsequenz anzugehen. Dies ist – bewusst überspitzt – in Abb. 1 dargestellt: Die Ökonomie steht weiterhin an erster Stelle, das System schrumpft zum „Mickey Mouse-System“ (Abb. 1b): alternativ kann das Soziale auch als „Mitochondrium der Ökonomie“ angesehen werden, während die Ökologie als eine uns in gebührender Distanz umgebende „Umwelt“ zwar durchaus wertgeschätzt, aber eben als „nice to have“-Zugabe fungiert, sofern Ökologie und ggf. Soziales dies zulassen (Abb. 1c). Die Verknüpfung der 2015 von der UN verabschiedeten themenbasierten Nachhaltig-

keitsziele mit Lebensbereichen ist ein Schritt in die richtige Richtung. Sie zeigt allerdings die Abhängigkeiten all unseres Tuns, Wirtschaftens und Lebens vom Erdsystem noch nicht in genügender Weise auf. Der als „*Wedding Cake*“ bezeichnete Ansatz, Sustainable Development Goals (SDGs) mit dem Schalenmodell der Nachhaltigkeit (vgl. Griggs et al. 2013, Rockström & Sukhdev 2016) zu verknüpfen, ist hier ein deutlicher Fortschritt, allerdings bettet er Ökonomie und Soziales nur in die Biosphäre ein und lässt das restliche Erdsystem überwiegend unberücksichtigt. Auch der Begriff der „*Umwelt*“ selbst weist der Ökologie eher einen ausgrenzenden, distanzierten Bereich zu, der zwar gerne besucht und auch wertgeschätzt wird, aber zumindest begrifflich nicht zeigt, wie sehr er unsere Lebensgrundlagen davon abhängen. Möglicherweise könnte die Metapher einer „*Unswelt*“ hier ein Augenöffner sein, bei dem die Ökonomie von einem sozialen und kulturellen System gesteuert wird und beide als integraler, eingebetteter Teil des Erdsystems verstanden werden (Leinfelder 2011, Abb. 1d, siehe auch unten).

Das Anthropozän-Konzept als Lösungsansatz für neues Denken und Handeln?

Der im Jahr 2000 durch Nobelpreisträger Paul Crutzen und Eugene Stoermer geprägte und später durch eine internationale wissenschaftliche Arbeitsgruppe näher ausgearbeitete Begriff des Anthropozäns ist ein Mehrebenenkonzept (Abb. 2), welches zum Ausdruck bringt, dass wir die erdgeschichtlich relativ umweltstabile Epoche der Nacheiszeit, des Holozäns hinter uns gelassen haben und in eine neue erdgeschichtliche Epoche eingetreten sind, in welcher der Mensch zu einer dominanten Kraft des Erdsystems geworden ist (Crutzen & Stoermer 2000, Crutzen 2002). Die Erdsystemwissenschaftler stellen menschliche Eingriffe von inzwischen gigantischem Ausmaß fest: Der Mensch verändert die feste Erdoberfläche, die Ozeane und die Atmosphäre massiv, er dominiert regionale wie globale Wasser-, Sediment-, Klima- und Stoffkreis-

läufe, dezimiert die biologische Vielfalt enorm und homogenisiert die Organismen durch Dominanz der von ihm gezüchteten Nutzpflanzen und Nutztiere (z. B. Waters et al. 2016, Williams et al. 2016, Leinfelder 2017a,b, auch für weitere Referenzen). Die Menschheit hat das Erdsystem bereits in einer überwiegend unumkehrbaren Weise verändert (Abb. 2a). Wie weit sich das neue Erdsystem tatsächlich von dem des Holozän entfernt, hängt allerdings insbesondere von unserem zukünftigen Handeln ab (Steffen et al. 2016).

Diese Veränderungen des Erdsystems schlagen sich auch dauerhaft als geologisch überlieferungsfähige Signaturen in den heutigen und zukünftigen Sedimenten nieder. Die von der Internationalen Stratigraphischen Kommission eingesetzte *Working Group on the Anthropocene* (zu der auch der Autor gehört) schlägt vor, die Untergrenze des Anthropozäns in die Mitte des 20. Jahrhunderts zu legen (Abb. 3) und charakterisiert diese durch den radioaktiven Fallout der Atombombentests sowie der seit 1950 stark beschleunigten Zunahme von „Technofossilien“ wie Plastik, elementarem Aluminium, industriellen Ascheteilchen, Betonfragmenten sowie vielen weiteren geologisch überlieferungsfähigen Relikten unserer Wachstums- und Wegwerfgesellschaften, die dauerhaft in die Sedimente eingebettet werden (z. B. Waters et al. 2016, Zalasiewicz et al. 2017, auch für weitere Referenzen). Aber nicht nur Geowissenschaftler, sondern auch Ökologen, Historiker, Soziologen, Kulturwissenschaftler und Künstler verwenden den Begriff des Anthropozäns immer häufiger und bezeichnen damit übergreifend sämtliche Aspekte der teils zerstörerischen Umweltveränderung durch den Menschen (anthropos) (z. B. Beiträge in Möllers et al. 2015 sowie in Renn & Scherer 2015, siehe auch Hamann et al. 2014, Leinfelder et al. 2016).

Die Metaebene „Verantwortung“ des Anthropozän-Konzepts bringt die Hoffnung zum Ausdruck, dass die zur immensen geologischen Kraft gewordene Menschheit, welche das Erdsystem an den Rand eines möglichen Kippens gebracht hat, auf

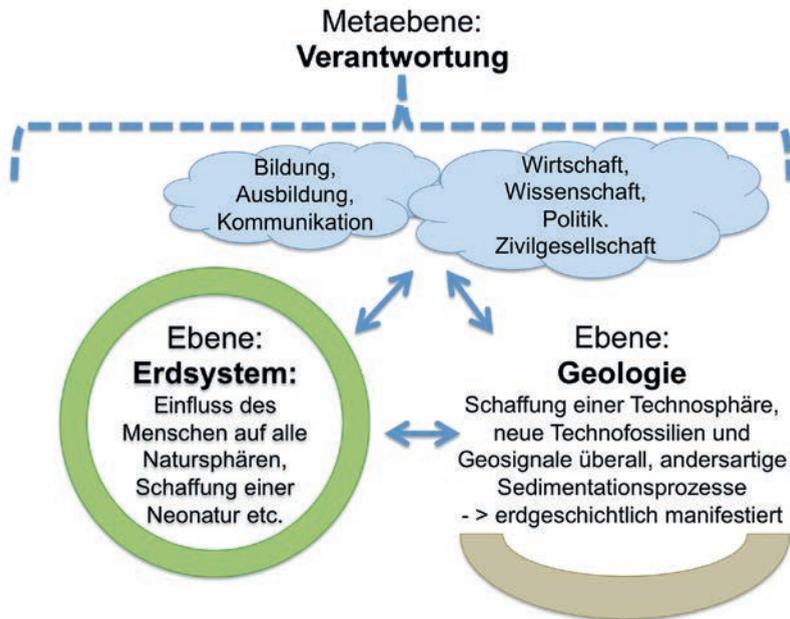


Abb. 2: Das komplexe, viele Aspekte umfassende, integrative Anthropozän-Konzept lässt sich in verschiedene konzeptionelle Teilebenen gliedern (aus Leinfelder 2017b).

der Basis ihres Wissens auch in der Lage sein sollte, die Erde gleichsam „wissensgärtnerisch“ und das Vorsorgeprinzip beachtend so zu gestalten, dass wir Menschen zu einem integrativen Teil eines funktionsfähigen anthropozänen Erdsystems werden. Im besten Falle wäre damit die Grundlage gerechter Entwicklungschancen für heutige und künftige Menschen-Generationen geschaffen. Hierzu ist allerdings zwingend notwendig, dass die Menschheit sich als dem Erdsystem zugehörig begreifen muss. Gerade weil uns das Erdsystem trägt, gilt es nicht unreflektiert von ihm, sondern mit ihm zu leben. Als Metapher ausgedrückt: Erträge einer gut geführten Stiftung sind dauerhaft nutzbar; sobald allerdings das Stiftungskapital angegriffen wird, wird die Stiftung über kurz oder lang kollabieren. Auch das Erdsystem wirft genügend viel an verwendbaren Ressourcen ab, um damit auch ein gutes Leben für die Menschheit zu ermöglichen, allerdings nur, wenn die „Stiftung Erde“ gut geführt und nicht übernutzt wird. Aus diesem Verständnis heraus ergibt sich ein Imperativ zu anthropozänem (Um-)Denken

und Handeln: Politik oder Wirtschaft alleine können eine erdsystemare Integration der Menschheit nicht gewährleisten, da gerade auch individuelles Handeln in der Summe globale Auswirkungen hat. Daher sind alle zu einer verträglichen, nachhaltigen Nutzung der Erde verpflichtet. Der derzeitige „Parasitismus“ des Menschen an der Natur müsste sich wandeln zu einer echten Symbiose von Mensch und Natur, im Sinne eines gegenseitigen Nutzens (Leinfelder 2013a, 2016a, 2017a,b, auch für weitere Ausführungen).

Neue Metaphern und Narrative im Anthropozän

Im Wort „Anthropozän“ steckt bereits eine neue begriffliche Metapher, um die globale ökologische Veränderung durch den Menschen zum Ausdruck zu bringen: das „Menschenneue“ bzw. etwas anders ausgedrückt, „das menschengemachte Neue“. Dies ist ganz nahe am wissenschaftlichen Befund und könnte daher auch die Grundlage für ein Großnarrativ Anthropozän sein. Die v.a. aus den Kultur- oder

Sozialwissenschaften vorgeschlagenen möglichen Alternativbegriffe wie Kapitalozän, Pyrozän, Plasti-zän oder Homogenozän fokussieren zwar ebenfalls auf wichtige Ursachen oder Befunde, sind aber als Gesamtnarrativ-Überschrift nicht umfassend genug.

Das komplexe Konzept des Anthropozäns in ein Narrativ, also eine wertebasierte und ggf. mut-machende Erzählung umzusetzen, oder auch viele kleine Narrative, etwa in schulischen und außer-schulischen Schreibwerkstätten zu entwickeln, sollte die Mühe lohnen. Narrative dürfen allerdings nicht dazu dienen, unzulässig zu vereinfachen oder gar zu populisieren. Gerade die großen aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen sind beson-ders komplex und erfordern auch komplexe Analy-sen sowie komplexe Lösungsansätze. Hier können vielleicht in ein Großnarrativ eingebundene Meta-phanen helfen, Komplexes zu veranschaulichen und Zugänge zu ermöglichen.

Ein Narrativ des Anthropozäns muss also die Komplexität des Konzeptes (Abb. 2) aufgreifen, sei-ne verschiedenen Teilebenen verdeutlichen helfen und neben analytischen Befunden vor allem auch Lösungsansätze kommunizieren. Dazu hilfreich sind mehrere narrativartige Metaphern (nachfol-gend jeweils in Anführungszeichen und kursiv). Ge-hen wir hierzu erst einmal durch die verschiedenen Ebenen, man könnte auch sagen, Kapitel des Anth-ropozän-Konzepts:

Kapitel 1: Das Erdsystem im Anthropozän: der Mensch ist durch seine immensen Eingriffe ins Erd-system zu einem „*Erdsystemfaktor*“ geworden, dies liegt insbesondere auch an der „Großen Beschleu-nigung“ und dem Überschreiten von „*planetaren Leitplanken*“ bzw. „*planetaren Grenzen*“ (vgl. WBGU 2014, Steffen et al. 2015, auch für weitere Referen-zen)

Kapitel 2: Die Geologie im Anthropozän: Die menschlichen Tätigkeiten werden auch geologisch manifest und überliefern sich über geologische Zeiträume. Der Mensch greift derzeit auf kurzer ge-sellschaftlicher Skala auch in die Langzeitskala der

Erdgeschichte ein, Stichwort „*Das lange Jetzt*“. Der Mensch ist also auch zu einer „*geologischen Kraft*“ geworden, er produziert dabei auch „*Technofossilien*“, die sich teilweise zu einer gigantischen „*Tech-nosphäre*“ (Zalasiewicz et al. 2017) verdichten. Kap. 1 und 2 könnten als Narrativ auch folgendermaßen zusammengefasst werden: „*Der Mensch trägt ganze Berge ab, schneidet neue Täler, lässt Seen ein- oder auslaufen, bestimmt, wo und was sedimentiert wird, welche Organismen wo leben und wo nicht, er hebt auch noch den Meeresspiegel und ändert das Klima.*“ **Kapitel 3:** Der „*Verantwortungsimperativ*“. Folgen-des Beispiel aus der Medizin könnte hilfreich sein, die konsequentielle Metaebene des Anthropozäns zu erläutern:

Sie gehen routinemäßig zum Arzt, dieser untersucht Sie umfangreich nach allen Regeln der Analytik und stellt dann fest: „Ihr Herz-Kreislaufsystem ist in sehr schlechtem Zustand, die Wirbelsäule auch, die Leber ist ebenfalls stark geschädigt und die Nieren haben Steine. Ihr Gesamtsystem ist also nicht nur vorüber-gehend aus dem Gleichgewicht, sondern die Schäden sind bereits manifest. Machen Sie es gut, auf Wie-dersehen!“ Mit dem letzten Satz wären Sie sicherlich

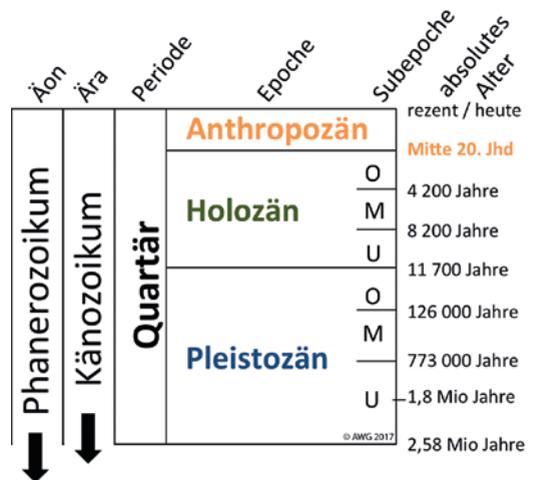


Abb. 3: Die von der Working Group on the ‚Anthropocene‘ vorgeschlagene stratigraphische Neugliederung des Quartärs. Die Anthropozän-Epoche beginnt danach in der Mitte des 20. Jahrhunderts (aus Leinfelder 2017b).

überhaupt nicht zufrieden. Wir erwarten vom Arzt nicht nur, dass er Verantwortung für seine Analyse übernimmt, also uns nicht nur darüber aufklärt, was mit uns los ist, und ggf. wie er dies herausgefunden hat, sondern dass er uns auch behandelt bzw. zu anderen Spezialisten überweist oder, falls notwendig, uns eben auch deutlich sagt, dass wir so nicht weitermachen können, sondern unseren Lebensstil komplett umstellen müssen. In jedem Fall sollte er in den Behandlungs- und Vorsorgeverlauf weiterhin eingeschaltet bleiben und unseren Fortschritt bewerten.

Mit dem Ärztebeispiel lässt sich vielleicht gut vermitteln, wie aus dem wissenschaftlichen Befund zur Anthropozän-Forschung auch eine Verantwortung für die Wissenschaften, aber eben auch für die Wirtschaft, die Politik und die gesamte Zivilgesellschaft, also auch jeden einzelnen ableitbar ist, ja abgeleitet werden muss. Die Metaphern der „*Großen Transformation*“ und des dazu notwendigen „*Gesellschaftsvertrags*“ (WBGU 2011, Hamann et al. 2013) können sich hier anschließen. Hierbei geht es darum, klarzumachen, dass alle gesellschaftlichen Gruppen verantwortlich und relevant sind, also sowohl die regionale, nationale und internationale Politik (*top-down*), als auch engagierte Umweltverbände, Vordenker und alternativ Lebende (*bottom-up*), wobei es insbesondere auf ein breites, dazwischen liegendes Bündnis ankommt, in dem Wissenschaften, Technologie und Wirtschaft, dezidierte Behörden, Bildungsinstitutionen und die Zivilgesellschaft gemeinsam Lösungen angehen („*Gesellschaftsvertrag*“). Hierbei können Ideen „von unten“ eingespeist, getestet, verbessert und hochskaliert werden. Die Politik sollte derartiges fördern und letztendlich damit auch gesellschaftlich direkt legitimiert werden.

Weitere Narrative können verwendet werden, um die wichtige Einbindung des Menschen in die Erdgeschichte aufzuzeigen. So befinden sich in einer „*Hall of Fame*“ auch etliche andere Organismen, welche die Erde in der Erdgeschichte ebenfalls schon stark umgestaltet haben und so ganz

nebenbei unsere wichtigsten Lebensgrundlagen erschufen (Abb. 4; vgl. Williams et al. 2016, Leinfelder 2017c). Dazu zählen Methanbakterien im Archaikum (Klimastabilisierung in den Frühzeiten der Erde), Eisenbakterien und Cyanobakterien v.a. im Proterozoikum (Produktion der Hauptmasse aller Eisenerze, Sauerstoff, Eiszeiten), Korallenriffe (Kalkgesteine als Ressource), erste tropische Wälder (Kohlebildung, Vereisung), Plankton (Erdöl, Phosphate) sowie Gras (nachwachsende Ressource, Grundlage zuerst für eine beschleunigte Evolution bei grasfressenden Tieren, darunter Rinder und Pferde, dann im Holozän zusammen mit der hohen Umweltstabilität entscheidend für Ackerbau und Viehzucht, also für die Sesshaftwerdung der Menschen und die zunehmende Ausdifferenzierung unserer Gesellschaften). Der Unterschied all dieser erdsystemverändernden Organismen zum „*Erdumkrempler*“ Mensch ist hierbei: wir machen alles viel, viel schneller und verschwenden das früher geschaffene in einem in der Erdgeschichte nie da gewesenen Tempo. Unser Gehirn würde uns allerdings durchaus erlauben, darüber zu reflektieren, was wir hier alles falsch machen, dies ist ein entscheidender Unterschied zu allen anderen Organismen. Bei den Narrativen geht es also keinesfalls nur um Faktenwissen in Erzählform, sondern auch um die damit verbundene gefühlsbezogene Ansprache, nicht zuletzt, um die Adressaten zum Handeln, zur Veränderung zu motivieren.

Und wie soll es weiter gehen? Das Anthropozän-Konzept beinhaltet ein neues Umweltverständnis, welches auch mit der Umdenk-Aufforderung „*Von der Umwelt zur Unswelt*“ ausgedrückt werden kann (Leinfelder 2011, vgl. auch Leinfelder 2011ff). Bedeutet dies nun, dass wir uns diese Welt aneignen sollen? Auch der Titel des WBGU Gutachtens von 2013 „*Menschheitserbe Meere*“ – durchaus insgesamt in anthropozänem Kontext geschrieben – stellt ja implizit die Frage: Wenn wir die Meere geerbt haben, gehören sie uns dann auch? Dieser Gedanke erscheint vermutlich ungewöhnlich und herausfordernd, manche wittern vielleicht schon

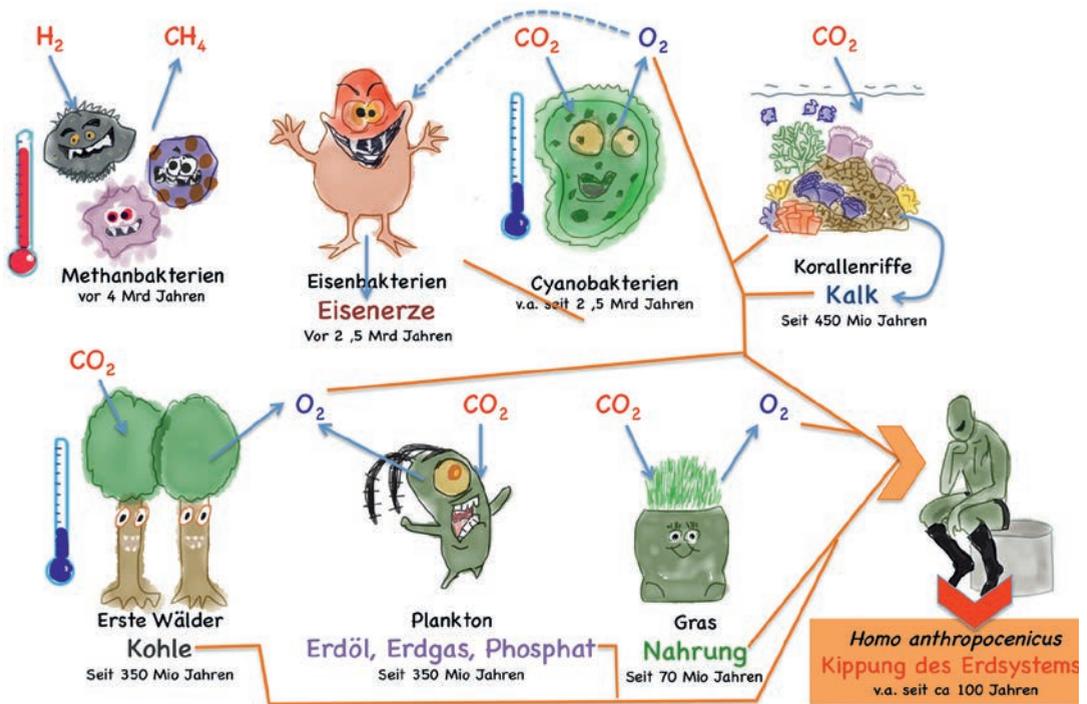


Abb. 4: Die „Hall of Fame“ von Organismen der Erdgeschichte, welche die Erde immer wieder umgestalteten, aber auch Ressourcen, von denen die Menschheit heute abhängig ist, generierten. Der Mensch verändert die Erde allerdings in bislang unbekannter Geschwindigkeit. Das Bild kann als Beispiel zur Entwicklung von Narrativen zur Einbindung des Menschen in die Erdgeschichte und in das Erdsystem dienen. Basierend auf verschiedenen Ressourcen, näheres siehe Text.

wieder Anmaßung und menschliche Überheblichkeit. So ist dies allerdings keinesfalls gemeint. Der Begriff „Unswelt“ ist auch als Stolperstein eingebaut, eine nähere Befassung mit dem Thema muss dann aber rasch verdeutlichen, dass wir eben nicht isoliert von der Umwelt leben und „irgendwie“ entfernt von ihr umgeben sind, sondern vielmehr komplett vom Erdsystem abhängig sind und mit diesem in enormen Ausmaß interagieren. Daher sollten wir uns als Teil dieses einen Systems, eben einer „Unswelt“ verstehen, die uns auch mit integriert und jedem von uns – neben der jeweils durch die individuelle Lebensgeschichte definierten Heimat – auch eine weitere globale Verortung ermöglicht. Dies wäre also ein ganz anderes Verständnis einer Unswelt, welches mit materiellen Besitz an der Welt erst einmal überhaupt nichts zu tun hat. Bei der Verwendung des Begriffs „Menschheitserbe“ dachte

der WBGU insbesondere an die globalen Allgemeingüter, die Commons. Als Metapher gebraucht, wird darüber hinaus an die entsprechende Passage in unserem Grundgesetz erinnert, welche die Grundlage für unsere soziale Marktwirtschaft darstellt: Eigentum, auch ererbtes, verpflichtet eben auch und muss damit bewahrt und funktionsfähig gehalten werden, wenn man es dauerhaft nutzen und selbst weitervererben möchte. Umgesetzt in neue Governance-Ansätze könnte dies bedeuten, dass sich Staaten viel stärker als Sachwalter eines Erbes der gesamten Menschheit betrachten müssten, und zwar nicht nur in Sachen Ozeanen, sondern vielleicht auch beim eigentlichen, festländischen Staatssteil (Leinfelder 2017a). Eine Metapher dafür wäre, die Erde (– genauer das Erdsystem –) als „Stiftung Erde“ zu bezeichnen. Wie weiter oben erwähnt kann man von den Erträgen einer gut geführten

Stiftung dauerhaft gut leben, solange die Einlagen nicht angegriffen werden.

Vor allem aber müsste eine Anthropozän-Geschichte auch die Offenheit von Zukunftslösungen darstellen. Diese verschiedenen möglichen „Zukünfte“ wären dann, im Sinne eines Gesellschaftsvertrags zu verhandeln und hierbei ggf. auch gemischte Portfolios für Lösungen zu finden. Idealtypische Zukunftspfade umfassen nach Leinfelder (2016b) neben dem „Weiter wie bisher“-Pfad auch reaktive, suffiziente, bioadaptive und high-tech-Pfade (Abb. 5). Hierbei können zukunftsrelevante Lebenswelthemen (etwa Zukünfte der Energieversorgung, des Wohnens, des Arbeitens, der Gesundheit oder der Ernährung) in idealtypischer Weise konzipiert, partizipativ erprobt und ggf. op-

timiert werden, um daraus dann Portfolios auch aus verschiedenen Pfaden zu mischen, welche Wünschbarkeiten ausdrücken und dennoch erdsystemkompatibel sind. Polyspektrische Ansätze anstelle dualistischen Denkens sind uns eher neu, vielleicht herausfordernd, aber auf alle Fälle kreativ und konstruktiv. Nur wenn wir ausverhandelt, vielleicht ausprobiert haben, in welche Richtung einer wünschbaren Zukunft wir uns bewegen sollten und was dabei innerhalb eines sicheren Handlungsraums (der von globalen Leitplanken und weiteren nachhaltigen Entwicklungszielen definiert wird) möglich ist, können wir wissenschaftsbasiert und proaktiv („wissensgärtnerisch“) die *Große Transformation in ein zukunftsfähiges Anthropozän* demokratisch, fair und konsistent umsetzen.

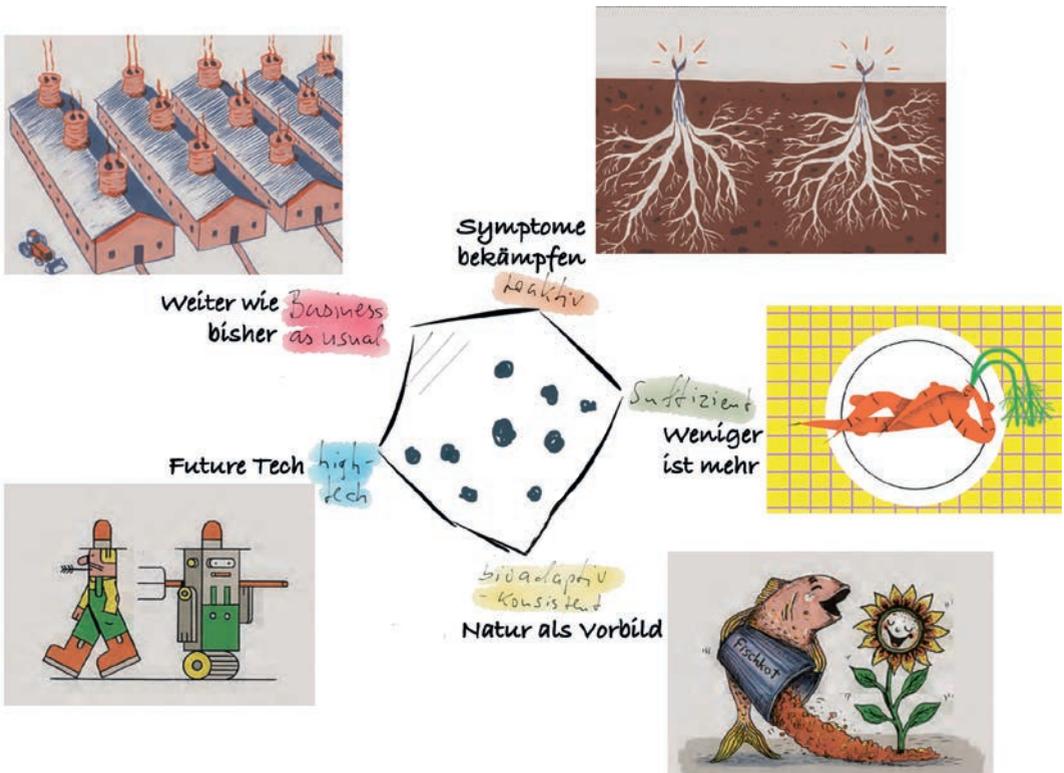


Abb. 5: Mögliche Ernährungszukünfte (vgl. Leinfelder 2016b). Illustrationen aus Hamann et al. (2017) von Rikka Laakso, Faezeh Shakoori Dizaji, Emil Sommerfeldt & Jay Daniel Wright.

Fazit und Ausblick: ein psychologischer Lösungsansatz?

Unsere Wissensgesellschaft ist komplex, sie basiert nicht nur auf wissenschaftlichem Wissen, sondern auch auf Erfahrungs- und Überzeugungswissen. Letzteres kann, gerade in Zeiten von Fake News und Alternate Facts, leicht manipuliert werden und sollte deshalb auch immer wieder konstruktiv hinterfragt werden. Insgesamt spielen also in unserer Wissensgesellschaft neben wissenschaftlichen Fakten vor allem auch gesellschaftliche, soziale und individuelle Beziehungen und daraus gemachte Erfahrungen eine große Rolle und sind damit, wie geschildert, psychologischen Herausforderungen stark ausgesetzt. Da die Nachhaltigkeitsherausforderungen aber nicht nur eine Aneinanderreihung einzelner Problemkreise darstellen, die ggf. einzeln abgearbeitet werden können, sondern systemisch miteinander verschränkt sind, muss auch für die Nachhaltigkeitskommunikation ein multimodaler Ansatz gewählt werden, der zudem zu adäquatem Handeln motivieren sollte. So gilt es, Fakten nicht nur zu schildern, sondern auch mit Metaphern,

Narrativen und realen Bildern zu verschränken, um über Narrative und Visualisierungen auch emotionale Zugänge und Einsichten zu ermöglichen und Motivation zu generieren (Abb. 6). Die gewählten Kommunikationsformen sollten hierbei nicht nur linear sein (also passiv am Rezipienten „vorbeilaufen“), wie etwa in Vorträgen, TV-Beiträgen, podcasts oder selbst zu lesenden Texten, sondern sollten einen „permanenten“ Aspekt beinhalten. Diesen findet man etwa in (nicht-linearen) Ausstellungen, bildhaften Darstellungen (z. B. Wimmelbilder, Sachcomics), aber insbesondere auch in aktiven, kognitiven UND haptischen Auseinandersetzungen mit dem Thema. Umweltmonitoring-Aktivitäten, Schülerlabore, Zukunftswerkstätten, DesignThinking-Projekte oder auch künstlerische Umweltprojekte (z.B. narrative Schreibwerkstätten, Laientheaterprojekte, Erstellung eigener Sachcomics oder eigener Spiele, Visualisierung möglicher und wünschbarer nachhaltiger Zukünfte uvm.) sind dabei geeignete Orte für eine erfolgreiche Umsetzung. Während das Rezipieren von Ausstellungen und bildbasierten Darstellungen eine implizite Partizi-

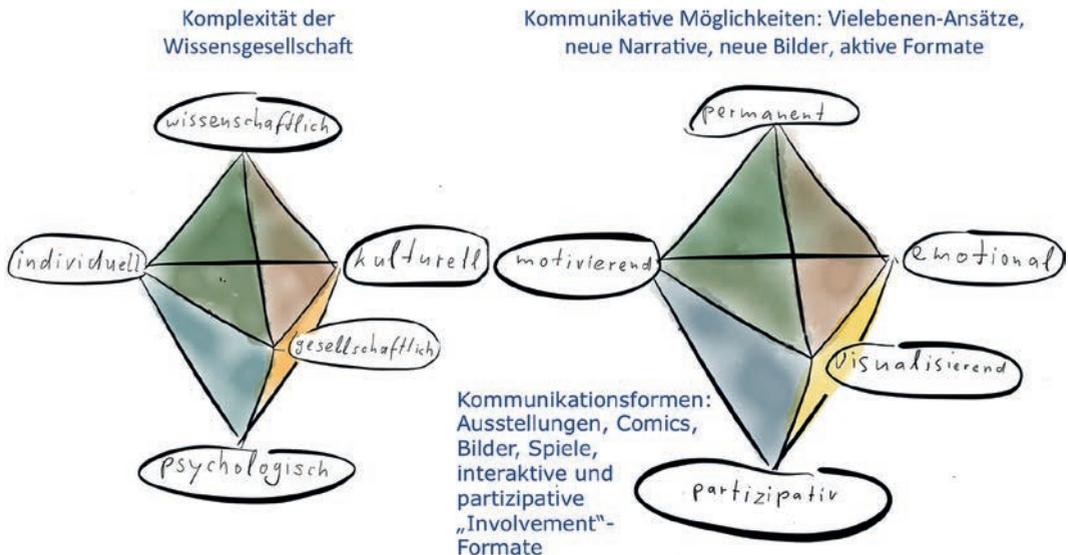


Abb.6: Unsere Gesellschaft ist komplex. Um ihr kommunikativ gerecht zu werden, sind neue Narrative, multimodale „slow media“ und partizipative Formate hilfreich.

pationsleistung beim Zusammenfügen der Einzelinformationen und der verschiedenen Erzählstränge zu einem Gesamtverständnis generieren kann, ist aktive, auch haptische Partizipation eine Grundvoraussetzung für gestaltende Gruppenprojekte.

Auch wenn in diesem Artikel einige Narrative für einen nachhaltigen Bildungsansatz im Anthropozän vorgestellt wurden, geht es nicht darum, genau diese im Schulunterricht oder in anderen Projekten so weiterzugeben. Projektbasiertes Arbeiten könnte zwar vorhandene Narrative aufgreifen und weiter führen oder auch gänzlich neue entwickeln. Insgesamt geht es aber eher darum, Projekte etwa in Schülerlaboren so zu konzipieren, dass Narrative gleichsam selbst entstehen. Die Teilnehmer erkennen also durch entsprechende Beispiele nicht nur die Narrative, sondern die zugrunde liegenden Zusammenhänge selbstständig. So könnte die Untersuchung der stofflichen Zusammensetzung von Smartphones „Stoffgeschichten“ generieren, die narrativ ausgeweitet werden können und somit systemische Bezüge, also etwa technische, naturwissenschaftliche, sozialwissenschaftliche und kulturelle Aspekte aufzeigen.

Hat sich ein solches Narrative dann gleichsam „von selbst“ ergeben, ist es viel einfacher, eine persönliche Verortung in einer nachhaltigen Welt als wünschenswert anzusehen und persönliche Wege dorthin zu finden.

Auch hier spielt also eine Psychologie der Nachhaltigkeit eine zwar nicht ausschließliche, aber doch maßgebliche Rolle – den hier eingangs geschilderten psychologischen Herausforderungen kann also mit Konzepten aus der positiven Psychologie teilweise begegnet werden. So können sich nach Hunecke (2013) aus einer zu entwickelnden Vernetzung von Genussfähigkeit, Selbstakzeptanz und Selbstwirksamkeit (als fundierende psychische Ressourcen) mit Achtsamkeit, Sinnkonstruktion und Solidarität (als zielbildende psychische Ressourcen) die wesentlichen Grundlagen zur persönlichen Verortung und zur individuellen Ausrichtung einer nachhaltigen, nicht von Verzicht und Geboten

dominierten Lebensführung ergeben. In Schülerlaboren und vergleichbaren Projekten können hier insbesondere die psychischen Ressourcen Selbstwirksamkeit, Solidarität und Sinnkonstruktion entwickelt und gestärkt werden (*op.cit.*). Nach Kaimer (2008) kommt narrativen Verfahren, bei denen die eigene Lebensgeschichte sinnhaft rekonstruiert wird, grundsätzlich eine besondere Bedeutung zu. Im Kontext des Anthropozäns sollte eine Verknüpfung narrativer und partizipativer Ansätze sicherlich dazu beitragen können, auch der noch gestaltbaren, zukünftigen persönlichen Lebensgeschichte eine Sinnhaftigkeit zu geben, sie dazu in einen solidarischen Nachhaltigkeitsbezug zu stellen und durch – mit geeigneten Projekten unterstützte – eigene Selbstwirksamkeitserfahrungen auch entsprechendes kooperatives Verhalten und Handeln zu initiieren.

Literatur

- Crutzen, P.J. (2002): Geology of mankind. *Nature* 415, 23.
- Crutzen, P.J. & Stoermer, E.F. (2000): The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M.C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N. & Noble (2013): Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495, 305–307, doi:10.1038/495305a.
- Hamann, A., Zea-Schmidt, C., Leinfelder, R. (Hrsg.) (2013): Die Große Transformation. Klima – Kriegen wir die Kurve?. In Kooperation mit dem Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen WBGU, 144 S., Berlin (Verlag Jacoby & Stuart).
- Hamann, A., Leinfelder, R., Trischler, H. & Wagenbreth, H. (Hrsg.)(2014): Anthropozän. 30 Meilensteine auf dem Weg in ein neues Erzeitalter. Eine Comic-Anthologie. In Kooperation mit einer Seminarklasse der Universität der Künste Berlin. 80 S., München (Verlag Deutsches Museum).
- Hamann, A., Baganz, C.B., Kirstein, J., Schleunitz, M.A., Habermann, T. & Leinfelder, R. (2017): Mehlwurmburger oder vegane Eier? Essen im Anthropozän. Lehrerhandreichung zum Sachcomic Die Anthropozän-Küche. Matoonke, Bienenstich und eine Prise Phosphor – in zehn Speisen um die Welt, 110 S., Berlin (MintWissen-Verlag), online: via anthropocene-kitchen.com.
- Hunecke, M. (2013): Psychologie der Nachhaltig-

keit. Psychische Ressourcen für Postwachstumsgesellschaften, 121 S., München (Oekom-Verlag).

■ Kaimer, P. (2008): Narrative Ansätze: Nützliche Geschichten als Quelle für Hoffnung und Kraft.- In: Frank, R. (Hrsg.), Therapieziel Wohlbefinden. Ressourcen aktivieren in der Psychotherapie, S. 93-110, Heidelberg (Springer-Verlag).

■ Leinfelder, R. (2011): Von der Umweltforschung zur Unsweltforschung. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Forschung und Lehre, S. N5, 12.10.2011.

■ Leinfelder, R. (2011ff): Der Anthropozäniker – von der Umwelt zur Unswelt. Scilogs (Beiträge seit 2011). <https://scilogs.spektrum.de/der-anthropozaniker/>

■ Leinfelder, R. (2013a): Verantwortung für das Anthropozän übernehmen. Ein Auftrag für neuartige Bildungskonzepte. In: Vogt, M., Ostheimer, J. & Uekötter, F. (Hrsg.), Wo steht die Umweltethik? Argumentationsmuster im Wandel. Beiträge zur sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, 5., 283-311, Marburg (Metropolis Verlag).

■ Leinfelder, R. (2013b): „Früher war die Zukunft auch besser“ – Teil 1: Ausrede-Mechanismen. Der Anthropozäniker, <https://scilogs.spektrum.de/der-anthropozaniker/frueher-war-die-zukunft-auch-besser/>

■ Leinfelder, R. (2016a): Vom Parasitismus zur Symbiose. Zu den drei Hauptebenen des Anthropozäns. Politik & Kultur 3/16, S. 20 (Deutscher Kulturrat).

■ Leinfelder, R. (2016b): Das Haus der Zukunft (Berlin) als Ort der Partizipation. In: Popp, R. (Hrsg.), Einblicke, Ausblicke, Weitblicke. Aktuelle Perspektiven der Zukunftsforschung, 74-93, Berlin, Wien etc. (LIT-Verlag). (Vorabversion 2014 via <https://scilogs.spektrum.de/der-anthropozaniker/haus-zukunft-berlin/>).

■ Leinfelder, R. (2017a): Das Zeitalter des Anthropozäns und die Notwendigkeit der großen Transformation – Welche Rollenspielen Umweltpolitik und Umweltrecht? – Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR), 28, 5, 259-266 (Nomos-Verlag) (online <http://bit.ly/2CvIhsq>).

■ Leinfelder, R. (2017b): „Die Erde wie eine Stiftung behandeln“ – Ressourcenschutz und Rohstoffeffizienz im Anthropozän. In: DWA-BW (ed), Tagungsband 2017, Im Dialog: Phosphor-Rückgewinnung: 3. Kongress Phosphor – Ein kritischer Rohstoff mit Zukunft, pp. 11-25, Stuttgart.

■ Leinfelder, R. (2017c): Das Anthropozän verständlich und spannend erzählen – Ein neues Narrativ für die globalen Herausforderungen?. Der Anthropozäniker, <https://scilogs.spektrum.de/der-anthropozaniker/narrative/>

■ Leinfelder, R., Hamann, A., Kirstein, J. & Schleunitz, M. (2016): Die Anthropozän-Küche. Matooke, Bienenstich und eine Prise Phosphor – in zehn Speisen um die Welt. 236 S., Berlin, Heidelberg (Springer-Spektrum Verlag).

■ Möllers, N., Schwägerl, C., Trischler, H. (Hrsg.) (2015): Willkommen im Anthropozän. Unsere Verant-

wortung für die Zukunft der Erde, 203 S., München (Deutsches Museum-Verlag).

■ Neu, U. (2014), <https://www.klimafakten.de/behauptungen/behauptung-vulkane-emittieren-mehr-kohlendioxid-als-die-menschen> (2011, aktualisiert 2014).

■ UN (1987): Report of the World Commission on Environment and Development, A/42/427, <http://www.un-documents.net/a42-427.htm>

■ Rockström, J. & Sukhdev, P. (2016): How food connects all the SDGs. <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>

■ Steffen, W., Leinfelder, R. et al. (2016): Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene. *Earth's Future*, 4 (8), 324-345, DOI:10.1002/2016EF000379.

■ Waters, C.N., Zalasiewicz, J., et al. (2016): The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. - *Science*, 8 January 2016: Vol. 351 no. 6269, DOI: 10.1126/science.aad2622.

■ WBGU (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation.- Hauptgutachten, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, 420 p. (WBGU, Berlin). (online via <http://www.wbgu.de/hg2011/>).

■ WBGU (2013): Welt im Wandel. Menschheitserbe Meer.-Hauptgutachten. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, 385 S. (WBGU Berlin) (online via <http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2013-meere/>).

■ WBGU (2014): Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken. Ein Beitrag zur SDG-Debatte. – Politikpapier 8, 48 S., (WBGU, Berlin) (online via <http://bit.ly/2CX6MQc>)

■ Williams, M., Zalasiewicz, et al. (2016): The Anthropocene: a conspicuous stratigraphical signal of anthropogenic changes in production and consumption across the biosphere. *Earth's Future*, 4, 34-53 (Wiley) doi: 10.1002/2015EF000339.

■ Zalasiewicz, J., Williams, M., et al. (2017): Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective. *The Anthropocene Review*, 4 (1), 9-22 doi:10.1177/2053019616677743.

Kontakt

Prof. Dr. Reinhold Leinfelder, siehe Seite 204.

Der Artikel basiert auf einem Vortrag des Autors bei der LeLa-Tagung MINT-Nachhaltigkeitsbildung am 24.11.2017 am Zentrum für Umweltkommunikation, Osnabrück

Die Zukunft nachhaltig gestalten helfen – der Beitrag von Schülerlaboren

Ingo Eilks, Christian Zowada, Antje Siol, Johannes Huwer und Rolf Hempelmann

Schülerlabore richten sich, wie der Name bereits sagt, an Schülerinnen und Schüler. War es zu Beginn der Schülerlaborbewegung hauptsächliches Ziel, besonders begabte und oft auch ältere Schülerinnen und Schüler für ein weiteres Lernen und eine Karriere in den MINT-Fächern zu motivieren, so gibt es heute Schülerlabore, die sich in ihrer Gesamtheit an alle Schülerinnen und Schüler, Schulformen, Schulstufen aber auch außerschulische Lerngruppen richten (LernortLabor, 2015). Sie verstehen sich in den MINT-Fächern, insbesondere in Naturwissenschaften und Technik, als einzigartige Lernumgebungen, mit denen das experimentell-forschende Lernen gefördert werden soll. Daneben ist in den letzten Jahren auch die fachliche Breite immer größer geworden. Der Begriff Schülerlabor findet sich jetzt auch mit Bezug zu Disziplinen, wie Geschichte, Englisch oder Mathematik, in denen klassische Labore im naturwissenschaftlich-technischen Sinn eigentlich gar keine Rolle spielen.

Das Lernen im Schülerlabor geschieht häufig angelehnt an die Forschungsinteressen der die Schülerlabore tragenden Institutionen, seien dies universitäre und unabhängige Forschungsinstitute oder Unternehmen. Viele dieser Forschungsinstitute beschäftigen sich mit der Gestaltung unserer Zukunft; für Wirtschaftsunternehmen sind kontinuierliche und nachhaltige Innovationen ihrer Abläufe und Produkte überlebenswichtig. Damit besteht eine natürliche, wenn auch manches Mal indirekte, Verbindung vieler Schülerlabore zur nachhaltigen Entwicklung. Aus diesem Grund sollten entsprechende Schülerlabore ihr Potenzial für einen Beitrag zu einer Bildung für eine Nachhaltige

Entwicklung (BNE) annehmen und umsetzen. Viele Schülerlabore in Deutschland tun dies auch bereits; einige davon haben sich im Netzwerk MINT-Nachhaltigkeitsbildung zusammengeschlossen.

Dieser Beitrag stellt eine Verbindung zwischen der Rolle und möglichen Bedeutung von Schülerlaboren und der BNE her. Er diskutiert, welche Chancen Schülerlabore für Nachhaltigkeitsbildung spielen können und wo diese Chancen vielleicht noch nicht in ihrem vollen Potenzial ausgeschöpft werden. Illustriert wird dies anhand eines aktuellen Projekts zur angewandten Umwelttechnik an den Schülerlaboren FreiEX an der Universität Bremen und NanoBioLab an der Universität des Saarlands. Das Schülerlaborangebot befasst sich mit der Herausforderung des Phosphatrecyclings aus Abwässern und Klärschlämmen.

Eine nachhaltige Zukunft gestalten helfen – Herausforderung für die MINT-Fächer und MINT-Fachdidaktiken

Seit die Agenda21 auf dem UN Gipfel in Rio vor etwa 25 Jahren verabschiedet wurde, ist Nachhaltigkeit oder die nachhaltige Entwicklung der Welt und damit auch unserer Gesellschaft und Umwelt ein international anerkanntes politisches Ziel (UNCED, 1992). Seit dieser Zeit bestimmen globale Herausforderungen, wie das Ozonloch oder der Klimawandel, den politischen Diskurs und führten zu Reaktionen wie dem Verbot der FCKW und den Anstrengungen zur Energiewende. Dies geht einher mit einem Wandel in vielen Wissenschafts- und Wirtschaftsbereichen. Es werden neue Strategien und Technologien entwickelt und eingesetzt.

Diese neuen Strategien und Technologien finden sich bislang aber nur begrenzt in den schulischen Bildungsplänen der MINT-Fächer wieder. Die Reform von Bildungsplänen gilt als langwierig und der Einbezug neuer Inhalte darf häufig nicht zu Lasten bereits etablierter Inhalte gehen, auch wenn die zugewiesene Unterrichtszeit für die MINT-Fächer in der Regel nicht zunimmt.

Aber selbst, wenn neue Inhalte als so relevant anerkannt werden, dass sie in den Bildungsplänen verankert werden, heißt dies noch lange nicht, dass sie damit auch gleich umgesetzt werden. Es müssen entsprechende Lehrkonzepte und Medien entwickelt werden; die Inhalte müssen für den Unterricht rekonstruiert und aufgearbeitet werden. In den Naturwissenschaften fragen Lehrkräfte nach Experimenten, die sie mit ihren Schülerinnen und Schülern im Unterricht durchführen können und vor dem Hintergrund knapper Ressourcen und zunehmenden Einschränkungen auch dürfen. Auch solche Versuche müssen erst einmal erdacht, ausprobiert und optimiert werden. Danach steht dann die Herausforderung, dass die Lehrkräfte über solche Versuche informiert und für ihren Einsatz fortgebildet werden.

Themen der Nachhaltigkeitsdebatte sind aktuell und sie verändern sich ständig. Neue Technologien zur Energiewende oder einem effektiveren Recycling wichtiger Rohstoffe entstehen gerade erst. Technologien, etwa zur Wasserstoff- oder Energiespeicherung mit neuartigen Materialien oder Phosphatrückgewinnung aus Abwässern, gibt es; viele davon befinden sich aber noch in der Erprobung oder dem Upscaling zu technischen Prozessen. Dennoch ist es auch jetzt schon wichtig, dass Lernende über diese Technologien erfahren, denn wichtige Weichenstellungen zur Transformation unserer durch Naturwissenschaft und Technik geprägten Welt stehen bereits jetzt an.

Für die MINT-Fächer in der Schule und die MINT-Fachdidaktiken stellt eine stärkere Orientierung an Themen aus der Nachhaltigkeitsdebatte eine Reihe an Herausforderungen bereit. Sie müssen

sich in relativ kurzen Zyklen an sich immer wieder ändernde Thematiken für den Unterricht anpassen, entsprechende Medien generieren und diese in den Unterricht integrieren. Bildungspläne wie Schulbücher müssten eigentlich kontinuierlich aktualisiert werden. Lehrkräfte müssen sich fortbilden. Auch sind Nachhaltigkeitsthemen häufig ethisch aufgeladen, Themen über die es unterschiedliche individuelle und politische Meinungen gibt, die kontrovers und mit Unsicherheit behaftet sind. Sie sind Themen, die fast immer nur transdisziplinär aufzulösen sind und ganzheitlicher Betrachtungen bedürfen, zumindest in ihren ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Voraussetzungen und Konsequenzen (den drei üblicherweise genannten Dimensionen von Nachhaltigkeit). Aber weder die MINT-Fachdidaktiken noch Schulfächer haben sich in der Vergangenheit, zumindest in weiten Teilbereichen, mit Transdisziplinarität und gesellschaftlich-relevanten Fragestellungen befasst (Hofstein, Eilks & Bybee, 2011).

Überhaupt ist die Frage danach, was aus MINT-Unterricht relevante Bildung macht, zumindest für die naturwissenschaftlichen Fächer, erst jüngst umfassend von Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman und Eilks (2013) geklärt worden. Ähnlich wie Nachhaltigkeit ist auch Relevanz von naturwissenschaftlicher Bildung ein mehrdimensionales Konstrukt aus individueller, gesellschaftlicher und berufsbezogener Relevanz. Dabei hat jede dieser drei Dimensionen dann auch noch gegenwärtige wie zukünftige, intrinsische wie extrinsische Anteile. Themen aus der Nachhaltigkeitsdebatte sind in aller Regel relevant für den MINT-Unterricht. Sie erfordern Entscheidungen im individuellen Handeln, etwa beim Konsum, und sie haben Auswirkungen auf die Zukunft eines jeden Einzelnen. Sie erfordern gesellschaftliche Entscheidungen und werden Konsequenzen für die Gesellschaft haben, etwa durch das sich ändernde Klima oder die zunehmende Migration. Sie bieten aber auch eine Vielzahl von neuen und spannenden beruflichen Möglichkeiten, über die Unterricht orientieren und auf die er

vorbereiten sollte. MINT-Unterricht, in Schule wie Schülerlabor, sollte den Einbezug von Nachhaltigkeitsthemen daher als Chance begreifen und durch das Aufgreifen und kreative Umsetzen dieser Themen zu einer sich immer wieder aktualisierenden BNE beitragen.

Schülerlabore als Orte der Unterrichtsinnovation und Lehrerbildung

Schülerlabore fokussieren in ihrem Selbstverständnis im Wesentlichen Schülermotivation und Schülerförderung. Dagegen ist selbstverständlich nichts einzuwenden. Gerade beim immer wieder beschriebenen Fachkräftemangel ist eine Orientierung und Förderung in den MINT-Fächern sicher notwendig. Aber auch Schülerinnen und Schülern, die nicht in Richtung Naturwissenschaften und Technik gehen wollen, sollten über moderne Entwicklungen in diesen Bereichen Bescheid wissen. Schließlich sollten auch sie als Bürgerinnen und Bürger begründete und informierte Einschätzungen geben und Entscheidungen treffen können.

Schülerlabore können hier einen Beitrag leisten, gerade wenn es um Fragen der Nachhaltigkeitsbildung geht (Garner, Siol & Eilks, 2015). Allerdings sind Schülerlabore meist nur getragen vom Engagement Einzelner, in ihrer Reichweite begrenzt und verfügen oft nur über immer wieder einzuwerbende Mittel und Spenden. Ihre Wirkung verbreitern können Schülerlabore aber allein dadurch, dass sie sich nicht nur als Ort des Lernens von Schülerinnen und Schülern verstehen, sondern auch als Lernort für Lehrerinnen und Lehrer. So verwies jüngst auch die Kultusministerkonferenz auf das Potenzial außerschulischer Lernorte für Lehrerfortbildung im Bereich der globalen Entwicklung (KMK, 2016). Bislang explizieren und reflektieren nur wenige Schülerlabore ihre mögliche Rolle als Ort der Lehrerfortbildung. In vielen Schülerlaboren sind Lehramtsstudierende als Betreuerinnen und Betreuer eingebunden. Hier sind Schülerlabore mit der Lehrerbildung bereits verbunden. Nicht immer ist dies aber auch begleitet von einer Reflektion und syste-

matischen Integration einer impliziten Lehrerfortbildung der Lehrkräfte, die ihre Schülerinnen und Schüler begleiten, oder expliziten Fortbildungsangeboten über die häufig sehr innovativen Themen, die in den Schülerlaboren behandelt werden. Oft fehlt auch eine strategische Vernetzung der Schülerlabore mit den Veranstaltern von Lehrerfortbildungen, den Schulträgern, Lehrerverbänden und freien Fortbildungsträgern.

Häufig wird auch zu wenig, zumindest in der öffentlichen Diskussion, die Rolle der Schülerlabore als Katalysator für die Veränderung von formaler (schulischer) Bildungspraxis hinterfragt, als Ort der Unterrichtsinnovation in relevanten und aktuellen Gebieten der MINT-Fächer zu wirken. Schülerlabore sind Orte der Freiheit. Sie sind nur, wenn es gewollt ist, an Bildungspläne und curriculare Vorgaben gebunden. Ansonsten können sie neue Inhalte und Themen erschließen, was mit Anbindung an die schulischen Curricula geschehen kann, aber nicht muss. Sie sind in der Regel personell und strukturell gut ausgestattete Bildungsorte. Dort ist es möglich, innovative Methoden zu erproben und umzusetzen. Sie sind aber auch ein geschützter Ort, indem man einfach mal etwas ausprobieren kann. Schließlich sind sie Orte des intensiven Kontakts zu Lehrkräften, die als Botschafter und Multiplikatoren neue Inhalte und Methoden mit in ihre Schulen nehmen. Damit sind sie auch ein Ort der Chance, Lehrkräfte mit neuen Inhalten und Möglichkeiten ihrer Umsetzung vertraut zu machen; dabei sind sie ein authentischer Ort, an dem Lehrkräfte ihre Schülerinnen und Schüler in der Konfrontation mit neuen Inhalten und Methoden erleben und beobachten können.

Was braucht es dazu? Neben einer quantitativ hinreichenden Ausstattung braucht es auch Qualität. Es braucht Personen, die unterrichtspraktische Innovationen entwickeln können. Sie müssen in der Lage sein, neue Fachinhalte zu elementarisieren und für die unterrichtliche Umsetzung in Schülerlabor oder Schule zu rekonstruieren. Es braucht mehr fachlich und fachdidaktische kommentierte Doku-

mentationen der Schülerlaborangebote, die auch reflektieren, wie Teile dieser Angebote in den Regelunterricht eingebunden werden können, wenn die Schülerinnen und Schüler keine Möglichkeit haben, das Schülerlabor zu besuchen. Ideal wären Kooperationen mit Fachdidaktiken, welche genau über diese Expertisen verfügen und Erfahrungen im Zugang zu entsprechenden Publikations- und Verbreitungskanälen mitbringen. Es bedarf aber auch Personen, die Lehrerfortbildung als Aufgabe annehmen und Bereitschaft zu einer dezentralen Lehrerfortbildung zeigen. Eine Kooperation mit Anbietern

von Lehrerfortbildungen, etwa den Landesinstituten oder Lehrerverbänden, ist zudem sicher hilfreich, eine möglichst große Zahl von Lehrkräften zu erreichen. Es wird auch hilfreich sein, die Träger der Schülerlabore dazu zu bringen, dass sie ein Engagement in der Lehrerfortbildung anerkennen, etwa bei der Mittelverteilung und Personalausstattung. Dies ist auch gleichbedeutend mit dem Überdenken von Publikationskulturen in den akademischen MINT-Fachbereichen, wo Publikationen für Lehrkräfte bisher häufig keine zählbare Anerkennung zugemessen werden.



Abb. 1. Das Budenheimer CO₂-Verfahren wird nachempfunden durch CO₂-Einpressungen in Recyclinglösungen in einem Trinkwasser-Sprudler und damit verbundene pH-Wert-Änderungen.

Ein Beispiel „Phosphor-Rückgewinnung: Angewandte Umwelttechnik im Schülerlabor“

Bei der Rückgewinnung von Phosphor aus kommunalen und industriellen Abwässern geht es eigentlich um die Rückholung von Phosphaten. Phosphor ist ein sehr reaktives chemisches Element und kommt in der Natur und Technik in der Regel nur in Verbindungen vor. Phosphate sind für die Verwendung in Düngern essentiell, um die Nahrungsmittelversorgung auf der Welt sicher zu stellen. Sie wurden 2014 von der EU als kritischer Rohstoff eingestuft. Kritische Rohstoffe sind solche,

die wirtschaftlich von enormer Bedeutung sind und bei denen ein hohes Versorgungsrisiko besteht. Wirtschaftlich bedeutend sind Phosphate, da sie in nahezu jedem Dünger vorhanden und in dieser Rolle auch nicht substituierbar sind. Ein Versorgungsrisiko besteht, da die Reserven auf der Welt begrenzt sind und sich 70–80% der weltweiten Reserven in Marokko befinden. Dabei befinden sich Teile der marokkanischen Phosphate in dem von Marokko annektierten Teil der West-Sahara, und damit in einer politisch umstrittenen und nur bedingt stabilen Region dieser Welt.

Deutschland importiert auf der einen Seite

sein gesamtes Phosphat (jährlich ca. 250.000 t), hauptsächlich aus Marokko/West-Sahara. Auf der anderen Seite scheidet jeder Mensch täglich 1,5–2 g Phosphate aus, die zusammen mit Phosphaten aus anderen Quellen zumeist in den Klärwerken landen. Aktuell wird an verschiedenen Verfahren gearbeitet, zumindest einen Teil dieser Phosphate zurück zu holen und in pflanzenverwertbarer Form als Dünger bereitzustellen. An dieser Stelle setzt das hier als Beispiel gewählte Schülerlaborprojekt an.

Im Projekt werden Experimente rund um das Phosphat-Recycling für Schülerlaborangebote entwickelt. Experimente beschäftigen sich mit qualitativen und quantitativen Analysemethoden, Wachstumsversuchen mit und ohne Phosphate als Dünger und verschiedenen Recyclingverfahren für Phosphate aus Abwässern und Klärschlamm, die im Wesentlichen auf Veränderungen der pH-Werte beruhen (Abb. 1). Das Lernen rund um die Phosphate sollte sich aber nicht auf die chemisch-technische Seite der Problematik beschränken. So werden neben den Experimenten innovative

P-science

P-science - Postfach 99 04 40 - 28334 Bremen

An die
Quantitative Analytik
- im Hause -

Kunde **Zeichen** **Datum**
Eigen S-17/02 1. September

Betreff: Nachweis von Phosphat-Ionen mit dem Colortest

T. Phos
Vorstand
Loebener Straße
28359 Bremen

Telefon (0421) 218 - 63545454
Fax (0421) 218 - 6768968
eMail t.phos@p-science.de

Liebe Kollegen und Kolleginnen,
wir haben den Auftrag bekommen, die Phosphatmenge in verschiedenen Abwasserproben zu bestimmen!

Nutzen Sie hierfür unseren Colortest. Sie erhalten von uns verschiedene Wasserproben (A-D). Wenden Sie den Colortest auf jede Probe an und notieren Sie die Ergebnisse. Sie benötigen neben dem Colortest nur einige Pipetten. Verwenden Sie die Kurzanleitung, die Sie auf dem Colortest finden.

Notieren Sie die Werte und errechnen Sie mit Hilfe der Messtabelle in der E-Mail den Phosphatgehalt. Stellen Sie eine Hypothese auf, worauf dieser Nachweis beruht.

Viel Erfolg

T. Phos

T. Phos
PS: Sammeln Sie bitte die Abfälle in dem bereit gestellten Behälter.

S-17/02 1

Abb. 2. Arbeitsauftrag an eine Abteilung der Lernfirma.

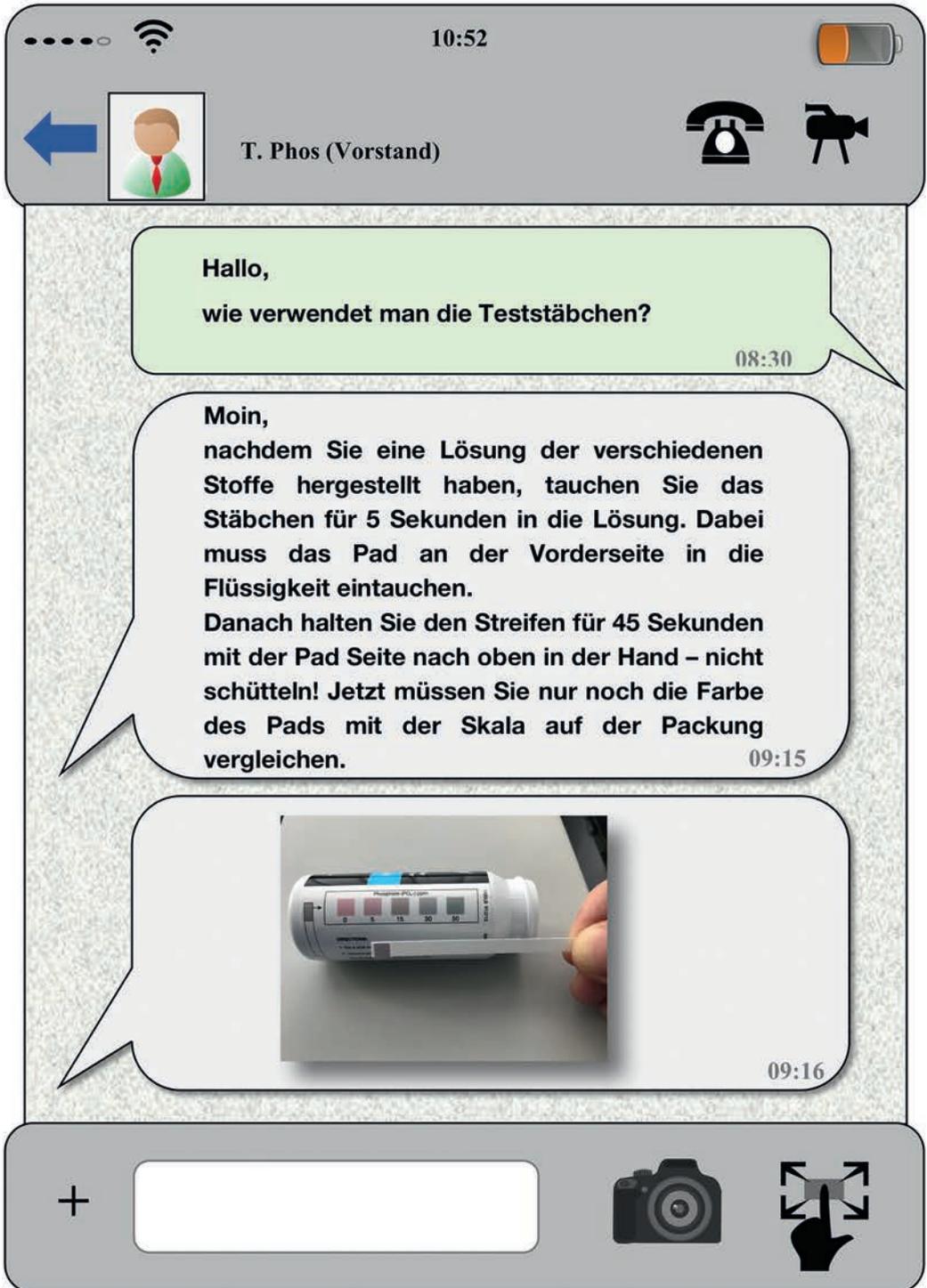


Abb. 3. Experimentiertippkarte gestaltet in Anlehnung an Schülermedien.

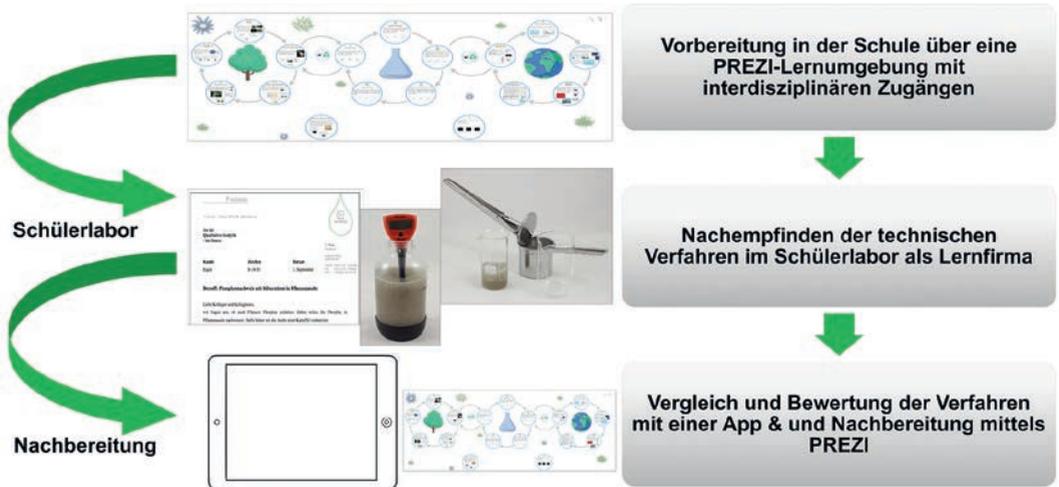


Abb. 4. Übersicht über das Schülerlabormodul eingeleitet und reflektiert über eine multimediale Lernumgebung.

Methoden zur Behandlung der Phosphat-Rückgewinnung mitentwickelt, die auch in anderen Zusammenhängen anwendbar sein sollten.

Das Schülerlabor selber ist entlang der Idee einer Lernfirma strukturiert. Diese Idee wurde von Witteck und Eilks (2004) entwickelt. Hier wird eine Lernumgebung der Struktur von Betrieben und Wirtschaftsunternehmen nachempfunden gestaltet, um einen methodischen Kontext für selbstständiges Arbeiten und kooperatives Lernen zu entwickeln. In der Lernfirma erhalten einzelne Abteilungen Aufträge, um ihnen gestellten Aufgaben selbstständig nachzugehen (Abb. 2). Genutzt werden auch kreative Formen der Gestaltung von Versuchsanleitungen, etwa angelehnt an die Form von Emails oder Social Media Einträgen (Abb. 3).

Neben den Experimenten und Arbeitsmaterialien entwickelt das Projekt auch eine multimediale Lernumgebung auf der Basis von PREZI. Die Lernumgebung beinhaltet Informationen zur Gewinnung und Bedeutung der Phosphate und integriert dabei chemische, biologische, geographische und gesellschaftliche Perspektiven. Die Lernumgebung ist geeignet, damit sich die Schülerinnen und Schü-

ler auf einen Besuch des Schülerlabors oder entsprechende Versuche in der Schule vorbereiten. Sie eignet sich aber auch dafür, dass sich zunächst erst einmal die Lehrkräfte mit der Thematik und ihren vielschichtigen Aspekten vertraut machen. Ergänzend wird auch eine App entwickelt, mit der unterschiedliche technische Verfahren verglichen werden können.

Insgesamt entsteht ein komplexes Schülerlaborangebot für forschendes Lernen (Abb. 4), das individuell sowohl auf Lerngruppen der Sek. I und II zugeschnitten werden kann. Es wird aber auch in der Chemielehrerbildung an den Universitäten Bremen und des Saarlandes und in der Ausbildung von Chemielaborantinnen und Chemielaboranten eingesetzt. Ab Sommer 2018 soll es auch in der grundständigen Chemielehre für chemietechnische Studiengänge der University of California Davis eingesetzt werden.

Ausblick

Das Projekt stellt erstmals Experimente bereit, sich mit den aktuell in der Entwicklung befindlichen umwelttechnischen Verfahren zur Phosphat-

rückgewinnung praktisch zu beschäftigen. Viele dieser Experimente können auch in einigermaßen gut ausgestatteten Schulen durchgeführt werden, wenn ein Schülerlaborbesuch nicht möglich sein sollte. Die Lernumgebung stellt Informationen zur Phosphatchemie einschließlich ihrer geographischen und wirtschaftlichen Bedeutung bereit, mit der sich nicht nur Schülerinnen und Schüler, sondern auch Lehrkräfte und Ausbilderinnen und Ausbilder für chemisch-technische Lehrberufe mit dieser wichtigen Thematik vertraut machen können.

Die Experimentieranleitungen und Lernumgebung werden Lehrkräften und anderen Schülerlaboren über das Internet zur Verfügung stehen. Sie werden aber auch in der Lehreraus- und -fortbildung eingesetzt, auf Lehrertagungen vorgestellt und in fachdidaktischen Zeitschriften für Lehrkräfte beschrieben, die diese für ihre eigene Weiterbildung hoffentlich lesen.

Das Schülerlabor bringt im hier beschriebenen Fall ein bisher nicht behandeltes Thema, das für mehr Nachhaltigkeit hochrelevant ist, erstmals an Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte heran. Es befasst sich mit aktuell stattfindenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und arbeitet diese für den Bildungsbereich auf. Es bringt Experimente und Medien zu dessen Behandlung in die Schulen, die dieses Thema aufgreifen wollen. Auf einem solchen Weg können Schülerlabore als Innovationsmotor und Ort der Lehrerfortbildung für mehr Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung (BNE) wirken.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die großzügige Förderung und stets hilfreiche Begleitung des vorgestellten Schülerlaborprojekts.

Literatur

- Affeldt, F., Weitz, K., Markic, S., & Eilks, I. (2017). Experimentierzugänge kreativ gestalten mit Comics und sozialen Medien zum Thema „Metallische Gegenstände schützen und bewahren“. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28 (161), 13-17.
- Garner, N., Siol, A., & Eilks, I. (2015). The potential of non-formal laboratory environments for innovating the chemistry curriculum and promoting secondary school level students education for sustainability. *Sustainability*, 7, 1798-1818.
- Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education: a pedagogical justification and the state of the art in Israel, Germany and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 1459-1483.
- KMK (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Bonn: Engagement Global.
- LernortLabor (2015). Schülerlabor-Atlas 2015. Dänischshagen: LernortLabor.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of ‚relevance‘ in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49, 1-34.
- UNCED, (1992), Agenda 21, retrieved from <http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/>
- Witteck, T., & Eilks, I. (2005). Die Max Sauer GmbH – Eine Lernfirma zu Säuren und Basen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16 (88/89), 51-56.

Kontakt

Prof. Dr. Ingo Eilks
Christian Zowada
Dr. Antje Siol
Prof. Dr. Dr. h.c. Rolf Hempelmann
Dr. Johannes Huwer
siehe Seite 204

Von der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung

Ulrike Peters, Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Nachhaltigkeitsbildung als Bildung zu und für eine nachhaltige Entwicklung ist heute ein relevanter Teil in den Bildungsangeboten vieler Schülerlabore und ganz besonders an den Lernorten, die sich zum Netzwerk MINT-Nachhaltigkeitsbildung zusammengeschlossen haben. Aufgrund der Lernorteigenschaften stehen experimentelle Lernzugänge und die Bezüge zu MINT-Fächern sowie zum Fach Geographie im Vordergrund. Kann ausreichend Zeit für den Besuch des Schülerlabors eingeplant werden oder gehen die Bildungsangebote ihren Weg von den außerschulischen Lernorten in die Schulen, eröffnen sich weitere methodische und inhaltliche Gestaltungsspielräume. Dann können Experimente noch gezielter in komplexe didaktische Ansätze der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) eingebunden werden, die wertebezogene methodische Zugänge oder die Förderung von Gestaltungs- und Bewertungskompetenzen besonders betonen. Da auch bereits erste gesellschaftswissenschaftlich ausgerichtete Schülerlabore aktiv sind, erweitert sich der Fächerkanon hin zu Sozialwissenschaften, Werte und Normen sowie Politik.

Ohnehin müssen die Bildungsangebote außerschulischer Lernorte in den Schulen vor- und nachbereitet werden, wenn eine möglichst nachhaltige Lernwirkung erreicht werden soll. Dies gilt umso mehr, wenn der Schülerlaborbesuch ein singuläres halb- oder ganztägiges Ereignis für die Schülerinnen und Schüler darstellt – die häufigste Form der Besuche in klassischen Schülerlaboren. Viele Schülerlabore bieten daher nicht nur abgestimmte Lehrkräftefortbildungen zu ihren Bildungsangeboten an, sondern machen diese auch zur Bedingung für

einen Schülerlaborbesuch schulischer Lerngruppen. Nach dem Besuch der passenden Lehrerfortbildung können die Lehrkräfte ihre Schülerinnen und Schüler effektiv vorbereiten und eine abgestimmte Nachbereitung im Unterricht kann bestmöglich gelingen. Optimal für singuläre Schülerlaborbesuche erscheint es also, wenn Lehrkräftefortbildungen im Schülerlabor einem Besuch vorgeschaltet sind und eine gezielte Vor- und Nachbereitung mit den Schülerinnen und Schülern im Unterricht stattfindet.

Anschlussfähige, vertiefende Module wie mehrtätige Bildungsangebote, wöchentliche AGs, die Einbindung in den Wahlpflichtbereich von Schulen oder auch altersgerecht gespreizte Formate, die es den Schulen ermöglichen für ihre Schülerinnen und Schüler mehrmalige aufeinander aufbauende Besuche einzurichten, können nicht nur dazu beitragen, ein Interesse an MINT-Fächern zu halten und zu vertiefen, sondern ebenso Gestaltungs- und Bewertungskompetenzen, Nachhaltigkeitsbewusstsein systematisch zu fördern. So können wesentliche Ziele von MINT-Bildung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung im selben Bildungsangebot integriert verfolgt und die Anschlussfähigkeit der Angebote aneinander sowie zum Alltag der Schülerinnen und Schüler optimiert werden.

Das ist anspruchsvoll und kann nicht immer und in jedem Bildungsmodul gleichermaßen gelingen. Auch sind viele Schülerlabore so intensiv nachgefragt, dass die Schulen Bildungsangebote bereits mit einem mehrwöchigen oder gar mehrmonatigen Vorlauf buchen müssen. Nicht nur die Raumkapazitäten sind oft ausgeschöpft, sondern auch die

des Personals. Die vielerorts fehlende strukturelle Sicherheit hinsichtlich einer ausreichenden und geordneten Grundfinanzierung, die eine abgesicherte Stellenplanung ermöglichen würde, ist ohnehin ein generelles Problem außerschulischer Lernorte. Die permanente Mittelakquise, die oft schon allein deshalb erforderlich ist, um den Betrieb am Laufen zu halten, kostet viel Zeit – Zeit, die besser in die Weiterentwicklung und Optimierung der Bildungsangebote investiert werden könnte.

Obwohl eine Wirkungsoptimierung des Bildungsangebotes also zusätzlicher Anstrengungen bedarf, ist diese ebenso einzufordern wie die Überprüfung der Bildungsziele durch Evaluierungen, damit eine wissenschaftliche Fundierung für die Weiterentwicklung von Bildungsangeboten gegeben ist. Die Schülerlabore haben weiterhin großes Potenzial, ihre Multiplikatorenrolle in die Lehrkräfteaus- und -fortbildung, in die Schulen sowie in die Gesellschaft auszubauen und im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung zu gestalten.

Schülerlabore und Co. – die Vielfalt der Lernorte

Die Vielfalt der Lernorte drückt sich neben der großen Zahl an Bildungsangeboten auch durch die Kooperationen aus, die Schülerlabore eingehen. Die Schnittstellen zu Schulen funktionieren an den Schülerlaborstandorten in der Regel gut und sind eingespielt. Kooperationen mit Unternehmen sind vielerorts ebenfalls etabliert. Auch gibt es zahlreiche erfolgreiche Partnerschaften von Schülerlaboren untereinander – in regionalen Netzwerken und überregional. Darüber hinaus existieren Beispiele für die Zusammenarbeit mit anderen Lernorten der außerschulischen Bildung wie Museen, Science Centern und Umweltbildungszentren oder mit Umweltverbänden. Die Vielfalt der Lernorte und ihrer Kooperationsmöglichkeiten sind eine Stärke der Schülerlabore und bieten noch weiteres Potenzial, wenn es darum geht, eine nachhaltige Entwicklung

innerhalb Planetarer Leitplanken zu gestalten. Basierend auf den Erfahrungen aus der Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt von mehr als 40 Projekten auf dem Weg von einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung (Peters 2014) zur Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren (Peters & Parchmann 2018, siehe Seite 162) wird im Folgenden ein Überblick über verschiedene Konzepte und Formate gegeben.

Einige Schülerlabore haben unmittelbar an ihrem Standort die Möglichkeit, Methoden und Formate zu kombinieren, die große Gestaltungsspielräume für ihr pädagogisches Programm bieten. Da sind beispielsweise diejenigen Schülerlabore zu nennen, die direkt in einem Museum angesiedelt sind oder die über einen Zugang zu Freiflächen verfügen. Das Schülerlabor des TECHNOSEUMS Mannheim oder das TUMLab des Deutschen Museums München können die experimentellen Angebote im Schülerlabor mit dem Besuch von Ausstellungen didaktisch und inhaltlich verknüpfen. Das TECHNOSEUM, das im Ausstellungsbereich einen Schwerpunkt in der Technikgeschichte hat, bietet in seinem museumspädagogischen Programm experimentelle Nachhaltigkeitsbildungsmodule zum Thema „Lernen aus der Technikgeschichte für die Energietechnik der Zukunft“ an, zum Beispiel zu „Regenerativen Energien“, „Leuchtmitteln“ oder einem „Windautoantrieb“, der in Anlehnung an Flettner-Rotorantrieben konstruiert ist, wie sie auch auf Schiffen zum Einsatz kommen¹.

Das TUM-Lab nutzt zusätzlich zu Ausstellungsbesuchen im Deutschen Museum die Gelegenheit, Experimente aus dem Programm „Technik und Umwelt“ im Außenbereich durchzuführen, beispielsweise wenn es um Stromerzeugung mit einer von Schülerinnen und Schülern selbst gebauten Stromboje oder um die Messung der Strömungsgeschwindigkeit mit einem selbst konstruierten Messgerät in der Isar direkt neben dem Museum geht (siehe Abb. 1). Am Beispiel von Schachtwasserkraftwerken

¹ <http://www.technoseum.de/schulen/weiterfuehrende-schulen/naturwissenschaftlich-technische-angebote/>



Abb. 1: Strömungsgeschwindigkeit messen mit selbst gebautem Messgerät.

befasst sich das TUM-Lab zudem mit dem durchaus konfliktbeladenen Themenfeld zwischen Naturschutz und Energieerzeugung. Deutlich wird für die Schülerinnen und Schüler unter anderem, dass es auch hier Lösungen gibt, die jedoch nicht immer leicht zu identifizieren oder zu entwickeln sind (siehe Seite 48)².

Forschen in der Fläche

Die Verbindung mit konkreten Lernbezügen im Freiland wird auch an verschiedenen anderen Standorten genutzt, wie beispielsweise im Freilandlabor mit Experimentierfeld (FLEX) in Siegen, beim KITZ.do in Dortmund oder in den Angeboten der Kieler forschungs:werkstatt. Konzepte kontextualisierten oder situierten Lernens mit konkretem Umwelt- beziehungsweise Landschaftsbezug können wertvolle Beiträge dazu leisten, der Anhäufung von sogenanntem trägem Wissen vorzubeugen oder bereits vorhandenes träges Wissen zu mobilisieren.

Im FLEX³, dem chemiedidaktischen Freiland-Schülerlabor der Universität Siegen, wird die Nutzung von Rohstoffpflanzen im Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ mit einem ganzheitlichen Bildungsansatz umgesetzt. Die Pflanzen werden

zunächst unter Einbeziehung von Schülerinnen und Schülern auf dem Gelände angebaut, gepflegt, geerntet und verarbeitet. Im experimentellen Teil werden dann beispielsweise Seife und Klebstoffe hergestellt oder Pflanzenduftstoffe mit einem Destilliergerät extrahiert, dem sogenannten Alembik (siehe Abb. 2)

Das KITZ.do in Dortmund verfügt neben seinen Schülerlaborräumen über Zugang zu einer Freilandfläche im Fredenbaumpark im Norden der Stadt, einem Stadtgebiet mit Familien in prekären Situationen. Das Engagement des KITZ.do im Umfeld des Big Tipi ist Teil einer Kooperation mit der offenen Jugendarbeit der Stadt Dortmund. In der dortigen Außenstation „Boden und Klima“ erforschen Kinder und Jugendliche Bodenlebewesen und lernen die Zusammenhänge zwischen Boden und Klima kennen. Bei Interesse werden ForscherKITZ – begleitet von Pädagoginnen und Pädagogen – zu „Klima-Rangern“ und „Boden-Rangern“ ausgebildet, die dann selbst Besucherführungen und Ähnliches übernehmen⁴. Aber auch bei der Bearbeitung anderer Themen wie „Ressourcen“ oder „Kunststoffe“ im Schülerlabor wird im KITZ.do Wert auf den Alltagsbezug und die Mobilisierung von



Abb. 2: Extrahieren von Duftstoffen mit dem Alembik, FLEX Siegen.

2 <https://www.tumlab.edu.tum.de/kursangebot/umwelt-technik/wasserkraft/>

3 <http://www.mint-siwi.de/angebote-projekte/freilandlabor-flex/>

4 <https://kitzdo.de/freizeit/forscherkitz-big-tipi/>

„Trägem Wissen“ gelegt. Denn häufig sind die Schülerinnen und Schüler bereits gut informiert, jedoch trotzdem nicht in der Lage, das entsprechende Wissen in ihre Lebenswirklichkeit zu übernehmen; sie können ihr Alltagshandeln hin zu mehr Nachhaltigkeit oft nicht ändern (siehe Seite 80).

Ein weiteres Beispiel für ein Bildungskonzept in der Fläche ist das Expeditionslernen an der Ostseeküste der Kieler Forscherwerkstatt von der Christian-Albrechts-Universität und dem Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN)⁵. Schülerinnen und Schüler der 10. bis 13. Klasse führen mehrtägige Expeditionen an die Ostseeküste durch und untersuchen anthropogene Einflüsse auf ökologische Veränderungen an der Ostsee, Naturgefahren und Anpassungsstrategien sowie die Landnutzung an der Ostseeküste (siehe Abb. 3).

Einwöchige Nachhaltigkeitsbildungsangebote zum Thema „Plastikmüll im Meer“ werden am OPENSEA, dem Schülerlabor des Alfred-Wegener-Instituts auf Helgoland in Kooperation mit dem Lehr-Lern-Labor der Biologiedidaktik der Universität Oldenburg, entwickelt, erprobt und etabliert. Nicht zuletzt die geografische Lage des Schülerlabors OPENSEA auf Helgoland, wo die Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Meer für die Schülerinnen und Schüler deutlich sichtbar sind, gibt dem Vorhaben eine besondere Authentizität⁶.

Helgoländer Nistvögel – wie Basstölpel – nutzen Kunststoffe zum Nestbau (siehe Abb. 4) oder nehmen sie auf andere Art und Weise zusammen mit Nahrung auf. In der Nordsee werden im Mittel zwischen 150 und 2.400 Mikroplastikpartikel (mit einer Größe zwischen 0,5 und 5 Millimeter) pro Kubikmeter Wasser gezählt. Mehr als 90 Prozent der Vögel haben Kunststoffe zu sich genommen, die nach ihrem Tod im Körper zu finden waren.

Die Nordsee mit ihren benachbarten Lebensräumen – wie Salzwiesen – ist auch Thema einer



Abb. 3: Expeditionslernen: Ein Bohrstock für Bodenproben wird eingeschlagen.

Kooperation verschiedener Nationalparkhäuser der niedersächsischen Wattenmeerküste und der Universität Oldenburg. In dem Netzwerk werden unter dem Aspekt des vorsorgenden Umweltschutzes Bildungsangebote zum Thema „Gefährdung und Schutz des UNESCO-Weltnaturerbes Wattenmeer“ direkt aus der aktuellen Forschung des Instituts für die Chemie und die Biologie des Meeres entwickelt. Aktuelle Nachhaltigkeitsthemen werden didaktisch und methodisch bearbeitet und zunächst mit Schülerinnen und Schülern der Region im Lernlabor Wattenmeer erprobt (siehe Abb. 5), um sie anschlie-



Abb. 4: Helgoländer Basstölpel nutzen Kunststofffasern als Nistmaterial.

5 <http://www.forschungs-werkstatt.de/angebote/expeditionslernen-an-der-ostseekueste-10-13-klasse/>

6 <https://www.awi.de/arbeiten-lernen/aus-der-schule/ins-schuelerlabor/opensea-helgoland/plastikmuell-im-meer.html>

ßend für die Bedürfnisse der Nationalparkhäuser aufzuarbeiten und sie auch einem erweiterten Publikum jenseits der Fachwissenschaft zugänglich zu machen. Ziel ist es, einen verantwortungsvollen Umgang mit dem Ökosystem Wattenmeer zu fördern⁷.

Die Umwelt und die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung liefern unendlich viele spannende Fragestellungen für Forschungsaufgaben, mit denen sich Schülerinnen und Schüler auseinandersetzen können. Rückschlüsse auf ihr eigenes Handeln im Alltag führen den jungen Leuten häufig deutlich vor Augen, wie sie selbst einen Beitrag zu mehr Umweltentlastung leisten können. Im Kontext komplexerer Prozesse wie der Kunststoffbelastung der Umwelt, dem Klimawandel, der Nutzung erneuerbarer Energien sowie dem Thema nachwachsende Rohstoffe lernen Schülerinnen

und Schüler systemisches Denken und Handeln kennen und ihre Bewertungs- und Gestaltungs-kompetenzen werden gefördert.

Berufsorientierung

Chancen für eine schulische Nachhaltigkeitsbildung liegen beispielsweise auch in teilweise noch „ungehobenen“ curricularen Bezügen der Berufsorientierung, für die je nach Bundesland interessante Stundenkontingente vorgesehen sind. Gerade im Fächerbezug der MINT-Fächer und in Kombination mit Besuchen im Schülerlabor bieten sich hier Möglichkeiten für die Unterrichtsgestaltung. Die umwelt- und nachhaltigkeitsrelevanten Bezüge in Berufen und Tätigkeitsfeldern sind allerdings nicht immer auf den ersten Blick offensichtlich. So entstehen auch in sich transformierenden Branchen wie denen, die für die Energiewende relevant sind,



Abb. 5: Schülerinnen und Schüler untersuchen Wattböden.

⁷ <https://www.uni-oldenburg.de/ibu/biodidaktik/forschung/dbu-netzwerkaufbau/>

nur wenige wirklich neue Berufe. Vielmehr verändern sich die Anforderungen an bestehende Berufe und Tätigkeitsfelder, woran sich dann die Ausbildungskonzepte und Studiengänge anpassen müssen. Da es Zeit braucht bis dies umgesetzt ist und entsprechend qualifizierte Absolventinnen und Absolventen den Unternehmen zur Verfügung stehen, nehmen die Unternehmen in dynamischen Branchen umfangreiche Qualifizierungen ihrer Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer selbst vor. Das kann interessante Kooperationsmöglichkeiten eröffnen und bietet für Schülerlabore, die ohnehin eine „Beschleunigerfunktion“ für die Entwicklung, Optimierung und Etablierung neuer Unterrichtskonzepte wahrnehmen, neben weiteren Herausforderungen auch neue Chancen beispielsweise durch Kooperationen mit Unternehmen aus Umweltbranchen⁸. Dort sammeln Schülerinnen und Schüler konkrete Erfahrungen mit Tätigkeitsfeldern, in denen sie auch ihre Wünsche nach einer sinnstiftenden Berufswahl umsetzen können (siehe Seite 52).

Im Projekt „Energiewende schaffen“ des Wissenschaftsladens Bonn e.V. wurden Energiewendeberufe für Jugendliche identifiziert und in der sogenannten Galerie der Energiewendeberufe sichtbar gemacht⁹. Eine zielgruppengerechte Kommunikation mittels Twitter, Facebook und Instagram war Teil des Vorhabens.

Um Berufe im Spannungsfeld von Chemie und Umwelt geht es im Oldenburger Schülerlabor ChemOL². Dort wird es Jugendlichen der 7. bis 10. Klassen ermöglicht, anhand experimentell ausgerichteteter Lernangebote verschiedene chemische Umweltschutzberufe kennenzulernen. Die jungen Leute untersuchen – beispielsweise wie Landschaftspflegerinnen und Landschaftspfleger – Bodenproben oder analysieren und bewerten Wasserproben in der Rolle Umweltschutztechnischer Assistentinnen und Assistenten. Diese und weitere chemiebezogene Umweltschutzberufe werden im



Abb. 6: Schülerinnen beim Nitratnachweis im ChemOL².

ChemOL² zusammen mit typischen chemischen Experimenten vorgestellt (siehe Abb. 6)¹⁰. Bildungsangebote fangen jedoch nicht erst in der Sekundarstufe I an, vielmehr werden schon Kita- und Grundschulkindern an technische und naturbezogene Fragestellungen herangeführt. In einer Region sollten möglichst für jede Altersstufe Angebote vorliegen.

Für die Jüngsten

Für Kita- und Grundschulkindern aus Marzahn-Hellersdorf bietet das HELLEUM der Alice Salomon Hochschule Berlin eine offene Lernwerkstatt an. Die Kitas und Grundschulen aus dem Viertel buchen die Angebote, die sich an den Konzepten der Lernwerkstatt sowie der Bildung für Nachhaltige Entwicklung orientieren, für ihre Gruppen

8 <http://www.greentech-made-in-germany.de/unternehmensdatenbank/>

9 <http://www.energiewende-schaffen.de/themen/galerie-der-berufe/>

10 <https://www.uni-oldenburg.de/chemiedidaktik/arbeitsgebiete-und-projekte/chemol-hoch2/>



Abb. 7: Boden untersuchen im HELLEUM der Alice Salomon Hochschule Berlin.

und können die sogenannten HELLE und LEUM-Tüfteltruhen ausleihen (siehe Seite 112). Nachmittags kann das HELLEUM im Sinne eines offenen Lernorts von Kindern spontan aufgesucht werden. Sie bringen ihre Familienangehörigen mit, kommen allein oder mit Freunden (siehe Abb. 7).

Kern des Werkstattkonzeptes ist es, in einer offenen, themenorientierten Lernumgebung ohne reglementierende Vorgaben und Instruktionen individuelles und interessengeleitetes Lernen zu ermöglichen. Die Kinder bestimmen Partner, Material, Arbeitsweise, Inhalt und Zeitrahmen der Beschäftigung ebenso selbst wie die Methoden, mit denen sie ihren eigenen Fragen nachgehen. Dabei werden Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz, wie zum Beispiel eigenständiges Handeln, die Bewältigung individueller Entscheidungsdilemmata, Partizipation, Kooperation, Perspektivübernahme und die Unterstützung anderer herausfordert und gestärkt. Neben der Erkundung der naturwissenschaftlichen Phänomene beinhalten die Workshops zugleich die Auseinandersetzung mit ausgewählten Themen im Sinne der Bildung für Nachhaltige Entwicklung wie die Nutzung nachwachsender Rohstoffe, regenerativer Energien, Recycling und Ressourcenmanagement.

Energiewende, Nachhaltige Chemie, Kreislaufführung, Seltene Erden, ...

Die Energiewende gehört in Schülerhände, entschied das Gläserne Labor auf dem Campus Berlin-Buch (siehe Abb. 8), und bietet seitdem Kindern und Jugendlichen einen umfassenden Einblick in das Thema Energiewende. Sie können an den Versuchsstationen zu Solar- und Windenergie experimentieren und Speichertechnologien wie Lithium-Ionen-Akkus und Goldkondensatoren erforschen. Dabei werden viele Fragen aus dem Alltag beantwortet: Was steckt in einer Kilowattstunde? Was kostet der Strom? Wie sieht der Akku in meinem Handy aus? Spannende Versuche bauen Vorurteile vor vermeintlich komplizierter Technik und Elektrochemie ab und ein Windparkspiel mit Diskussionsrunde regt zum Austausch über Pro- und Kontraargumente an¹¹ (siehe Seite 68).

Das Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor¹² der TU Braunschweig hat ein umfangreiches Bildungsangebot zu Kreislaufschließung, chemischer und mechanischer Reinigung von Abwässern, Recycling

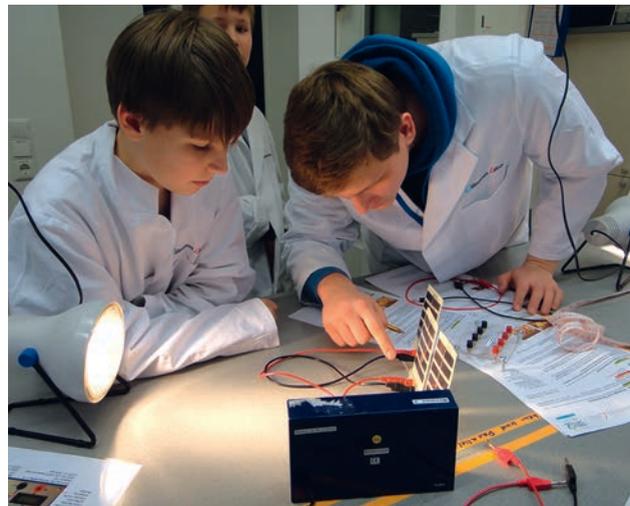


Abb. 8: Energiewende in Schülerhände: Versuche mit Solarzellen.

¹¹ https://glaesernes-labor.de/de/sek_physik

¹² <https://www.tu-braunschweig.de/agnes-pockels-labor/angebote-th#elektro>



Abb. 10: Wasser als Latentwärmespeicher sowie Thermobecher mit Latentwärmespeicher.

sowie Energieumwandlung entwickelt. Eine erste Begegnung mit sogenannten Latentwärmespeichern haben Schülerinnen und Schüler, wenn sie das Schmelzverhalten von Eis nachvollziehen: Wird Eiswasser durch gezieltes Aufheizen oder infolge einer höher liegenden Umgebungstemperatur erwärmt, bleibt die Temperatur trotz der Energiezufuhr konstant, solange das Eis noch schmilzt. Der Eiswürfel im Getränk ist der bekannteste Latentwärmespeicher. Im Thermobecher mit einer Latentwärmespeicherschicht bleiben Getränke lange heiß (siehe Abb. 10).

Auf die besondere Bedeutung von Lehrerfortbildungen wurde eingangs bereits hingewiesen (siehe Abb. 11). Für den Einsatz im Unterricht stellt die TU Kaiserslautern Lehrkräften den sogenannten Bioraffineriekoffer zur Verfügung, damit Versuche in der eigenen Klasse durchgeführt werden können. Er enthält Geräte und Materialien – über die Schulen in der Regel nicht verfügen – wie einen automatischen Schüttler für die enzymatische Hydrolyse, einen Mini-Bioreaktor für die Fermentation von Hefen aus Hydrolysat, ein Reflektometer beziehungsweise Photometer zur Analytik von Glucose- und Ethanolgehalten, spezielle Pipetten sowie alle benötigten Chemikalien, Mikroorganismen,

Enzyme und Rohstoffe, die für den Aufbau und Betrieb eines technischen Bioreaktorsystems benötigt werden. Außerdem können Bioraffinerieprozesse mit spezieller Software simuliert werden, wobei die Ergebnisse der praktischen Arbeiten einfließen können¹³.

Im NanoBioLab der Universität des Saarlandes sind zusammen mit dem FreiEx der Universität Bremen zahlreiche Versuche (siehe Abb. 12) zu Nachhaltiger Chemie entwickelt und etabliert worden¹⁴; darunter Versuche zu Duftstoffen, Ölen und Fetten, stationären Elektrizitätsspeichern, alternativen Treibstoffen, Galvanotechnik, Omega-3-Fettsäuren, Parabenen, Vanillinsynthesen, Bioenergie und Schmerzmitteln.

In Bildungsprogrammen zu Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit werden im FreiEx der Universität Bremen gezielte binnendifferenzierte pädagogische Konzepte für heterogene Lerngruppen entwickelt und angeboten. Die Lernangebote zielen dabei auch auf Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund sowie aus schwierigen sozialen Verhältnissen ab und greifen kulturelle Unterschiede auf, um den kognitiven, sprachlichen und kulturellen Voraussetzungen auch dieser in ihrer Bildungsbiografie oft benachteiligten Jugendlichen gerecht

¹³ <https://www.mv.uni-kl.de/biovt/kursangebot/FlyerBioraffkoffer.pdf>

¹⁴ <http://www.nachhaltigkeit-schuelerlabor.de/>

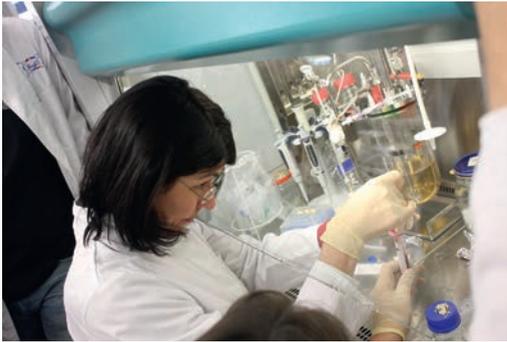


Abb. 11: Lehrkräftefortbildung an der TU Kaiserslautern.



Abb. 12: NanoBioLab: Proben genau abwägen.

zu werden. Die pädagogischen, experimentellen Bildungsangebote werden in Bremen entwickelt und dann für die Partner-Schülerlabore NessiLab in Nürnberg, KiLa und Make Science in Karlsruhe sowie das NanoBioLab in Saarbrücken adaptiert und dort ebenfalls dauerhaft angeboten (siehe Seite 104).

In einem weiteren Nachhaltigkeitsbildungsangebot des FreiEx Bremen wird die Rückholung von Phosphat aus Klärschlämmen und Abwässern¹⁵ zum Thema für Schülerinnen und Schüler. Das Schülerlaborangebot bereitet ausgewählte Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung in verständlicher Form für Schülerinnen und Schüler und Auszubildende auf. Nach dem Konzept des Lernens an Stationen werden die Bedeutung des Phosphors als essenzielle Ressource für die Ernährungssicherheit des Menschen und die Notwendigkeit der Phosphor-Rückgewinnung bearbeitet. Ausgewählte Verfahren und Verfahrensschritte werden experimentell nachempfunden. Außerdem werden Wachstumstests zur Bioverfügbarkeit durchgeführt und Ökobilanzierungen vorgenommen.

Ionische Flüssigkeiten und ihre ökologische Relevanz¹⁶ ist das Thema weiterer Nachhaltigkeitsbildungsangebote des NanoBioLab in Saarbrücken. Ionische Flüssigkeiten sind Salze, die in der Regel

einen Schmelzpunkt unter 100 Grad Celsius aufweisen, sodass viele ionische Flüssigkeiten auch bei Raumtemperatur flüssig sind. Wegen ihres geringen Dampfdrucks können ionische Flüssigkeiten flüchtige organische Lösungsmittel (volatile organic compound(s) VOC) teilweise ersetzen und dadurch die Umwelt entlasten (siehe Seite 36).

Im Schülerlabor NanoScience¹⁷ der Universität Hildesheim, im NanoBiNE in Göttingen sowie in der forscher:werkstatt in Kiel setzen sich Schülerinnen und Schüler kritisch mit der Nanotechnologie auseinander. Sie lernen die Eigenschaften von Nanomaterialien und ihre Anwendungen in Alltagsprodukten wie Sonnencremes kennen. Neben der Vermittlung von Fachwissen steht die Stärkung der Bewertungskompetenz im Vordergrund.

Um eine nachhaltige Verwendung von Stoffen, genauer gesagt von ausgewählten Seltenen Erden, geht es im NatLab der FU Berlin. Seltene Erdmetalle, auch „Gewürzmetalle“ genannt, finden sich in sehr verschiedenen Anwendungen. Häufig in geringen Konzentrationen helfen sie, gewünschte Materialeigenschaften zu erreichen. Im NatLab wird ein keramischer Supraleiter, der das Seltene Erdmetall Yttrium enthält, selbst hergestellt. Wenn seine supraleitenden Eigenschaften eintreten, wird

¹⁵ http://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/single_sites/freix/Faltblatt_Phosphor_V3.pdf

¹⁶ <http://www.nanobiolab.de/?/experimente>

¹⁷ <https://www.uni-hildesheim.de/fb4/institute/biologie/abteilung-chemie/projekte-schuelerlabore/nanosciences-unser-schuelerlabor/>

er magnetisch¹⁸ und schwebt in der Versuchsanordnung (siehe Abb. 13) (siehe Seite 84).

Mit dem speziell angefertigten Feinstaubsensor (siehe Abb. 14) und dem eigenen Smartphone können Feinstaubbelastungen in der Umwelt von Schülerinnen und Schülern selbst gemessen werden. Die Jugendlichen lernen im Schülerlabor iPhysicsLab¹⁹ der TU Kaiserslautern, wie die Messungen durchgeführt werden, um exakte Werte zu erhalten und wie die Werte mithilfe von Software ausgelesen und ausgewertet werden. Im Bildungsangebot iAcoustics führen die Schülerinnen und Schüler Lärmmessungen durch und erstellen Lärmkarten beispielsweise vom Uni-Gelände oder von der Umgebung ihrer Schule (siehe Seite 72).

Weitere Bildungsangebote werden entwickelt, die neue Mini-Halbleiter-Gassensoren in Smartphones nutzen, um ausgewählte flüchtige organische Verbindungen (VOCs) zu messen. Der Lehrstuhl für Messtechnik der Universität Saarbrücken unterstützt das Schülerlabor iPhysicsLab und das Schülerforschungszentrum Saarlouis dabei, diese Technologie für Nachhaltigkeitsbildungsangebote zu nutzen.

Der Einbindung von Nachhaltigkeitsaspekten in die Technikdidaktik ging die Universität Oldenburg nach. Es wurden Unterrichtseinheiten zu den Themen „Holz und Papier“ (siehe Abb. 15), „Mobilität“ und „Energie“ entwickelt. In weiteren Nachhaltigkeitsbildungsangeboten wird Reparaturwissen als Element einer technischen und informatischen Bildung für Nachhaltige Entwicklung in den Vordergrund gestellt. In Kooperation mit sieben weiteren Hochschulen wird das Themenfeld der Reparatur didaktisch erschlossen und als Bildungsaufgabe in den Technik- und Informatikunterricht an allgemeinbildenden Schulen implementiert. Ein Mangel an Reparierbarkeit, ein zu rascher Verschleiß von Produkten sowie der stete Wunsch vieler

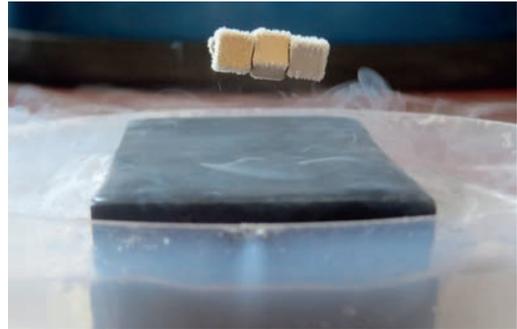


Abb. 13: Keramischer Supraleiter mit Seltenerm Erdelement Yttrium schwebt.

Verbraucherinnen und Verbraucher nach den neuesten Geräten stehen einer langandauernden und nachhaltigen Nutzung vieler Alltagsprodukte oft entgegen. Über die Dekonstruktion und Reparatur von Alltagsgegenständen erlangen Schülerinnen und Schüler ein vertieftes technisches Verständnis von der Funktionsweise der Geräte und von nachhaltigem Produktdesign.

Im Projekt „Klimawandel findet Stadt“²⁰ der Universität Bochum mit dem dortigen Alfred Krupp-Schülerlabor in Kooperation mit dem Geco-Lab der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und dem BioGeoLab der Universität Trier

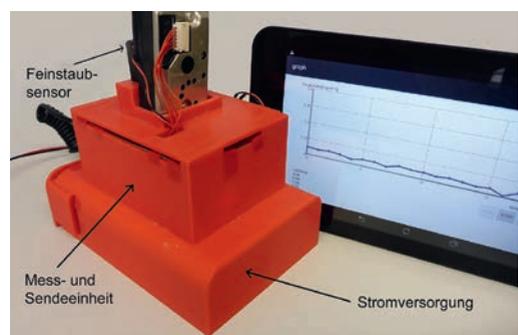


Abb. 14: Feinstaub messen mit dem speziellen Feinstaubsensor und dem eigenen Smartphone.

18 http://www.bcp.fu-berlin.de/natlab/lehrkraefte/kursthemen/chemie_sek/SE/index.html

19 <https://www.physik.uni-kl.de/iphysicslab/home/>

20 <https://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/forschung/geographiedidaktik/forschungsprojekteveranstaltungen/klimawandel-findet-stadt/>



Abb. 15: Verschiedene Papiersorten selbst herstellen.

arbeiten drei Geographie-Schülerlabore Bildungsangebote zu den Themen „Gesundheit und Prävention“, „Stadtökologie und Biodiversität“ sowie „Stadtklima und Stadtplanung“ aus. Neben dem Aufbau von Wissen steht die Stärkung von Methoden-, Bewertungs- und Gestaltungskompetenzen im Fokus der didaktischen Konzepte.

Fazit und Ausblick

Unter den mehr als 300 Schülerlaboren in Deutschland mit zahlreichen meist regionalen Netzwerken hat sich auch das Netzwerk MINT-Nachhaltigkeitsbildung etabliert, ein Zusammenschluss von etwa 50 Schülerlaboren²¹. Diese Lernorte bieten experimentelle Bildungsmodulare zu Nachhaltigkeitsthemen an, die mit Methoden der Bildung für Nachhaltige Entwicklung an der Schnittstelle zu den Fachdidaktiken angelegt sind. Der Gründung des Netzwerks MINT-Nachhaltigkeitsbildung durch LernortLabor e.V. – Bundesverband der

Schülerlabore, gingen einige Jahre der Entwicklung, Erprobung und Etablierung von Lernangeboten zu Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung voraus.

Neben der Erschließung von Schlüsselthemen wie Nachhaltige Chemie, Energiewende, Seltene Erden, Klimawandel et cetera stand die Weiterentwicklung der pädagogischen Zugänge und Konzepte hin zu einer MINT-Nachhaltigkeitsbildung im Vordergrund. Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt begleitete diese Phase mehr als fünf Jahre lang intensiv sowohl fachlich als auch durch die Förderung innovativer Projekte. Die Schülerlabore sind heute im Weltaktionsprogramm Bildung für Nachhaltige Entwicklung ebenso angekommen, wie Ansätze der Bildung für Nachhaltige Entwicklung Einzug in die MINT-Fachdidaktiken, in die Curricula und damit auch in die Schulen gehalten haben. Das ist sehr erfreulich, reicht aber noch nicht aus.

Angesichts der großen Herausforderungen unserer Zeit, in der gesellschaftliche Transformationen zur Nachhaltigkeit gezielt angefasst und strukturiert umgesetzt werden müssen, bedarf es auch zukünftig weiteren Engagements, um Schülerinnen und Schüler, Lehrkräfte und die Bevölkerung zu erreichen.

Die Richtung und die Prozessschritte von Transformationen sowie die Rollen, die verschiedenen Ländern oder unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen zukommen, sind Teil gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse sowie von Verantwortlichkeiten, die angenommen oder zugewiesen werden müssen. Vor dem Hintergrund eines differenzierten Demokratieverständnisses bedeutet dies, Bürgerinnen und Bürger in die Lage zu versetzen, komplexe Situationen und langskalige Prozesse verstehen und bewerten zu können sowie dazu zu befähigen, an der Gestaltung nachhaltiger Prozesse zu partizipieren.

Die Agenda 2030²² hat der Bildung eine Schlüsselrolle hinsichtlich der Erreichung der in ihr formulierten 17 Ziele zugeschrieben. Der Bildung für

21 <https://www.mint-nachhaltigkeitsbildung.de/netzwerk>

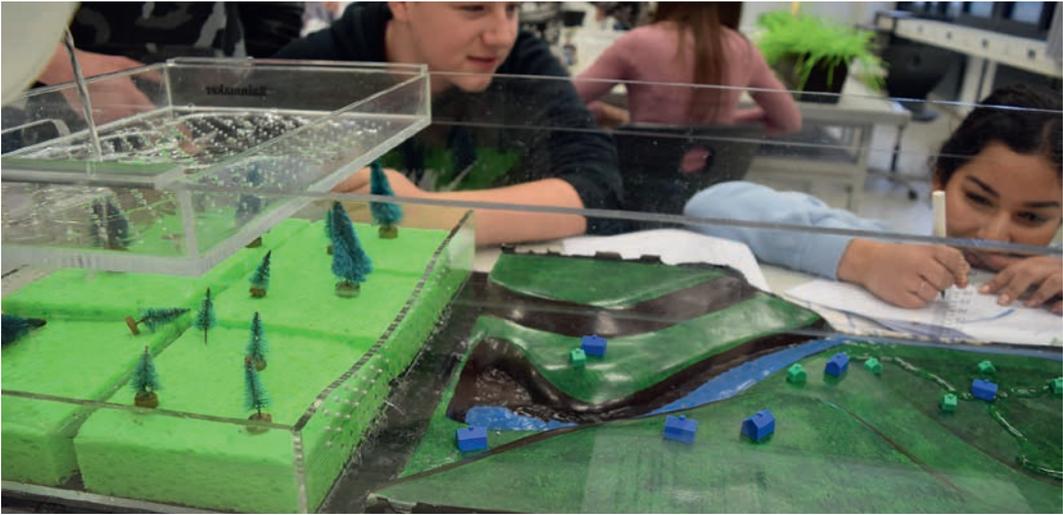


Abb. 16: Wassermanagement in besiedelten Gebieten, Projekt „Klimawandel findet Stadt“. (Fotos: DBU)

eine Nachhaltige Entwicklung wurde darin ein Platz zugewiesen, der zu diskutieren ist. Allein die Auseinandersetzung mit den Zielen der Agenda 2030 und den erforderlichen Prozessen zu ihrer Umsetzung beinhalten neue inhaltliche und methodische Herausforderungen für Bildung. Hinzu kommt dann noch die Diskussion um die Tragfähigkeit des Erdsystems.

Die Naturwissenschaften haben die Aufgabe übernommen, die relevanten Prozesse um die Tragfähigkeit des Erdsystems im Sinne der Planetaren Leitplanken durch weitere Forschung besser zu verstehen und Lösungsansätze zu entwickeln. In interdisziplinär anschlussfähigen Bildungskonzepten kommt den Fachdidaktikern sowie den Lehrkräften der MINT-Fächer die Rolle zu, bei Schülerinnen und Schülern und in der Bevölkerung ein besseres Verständnis für diese Zusammenhänge zu schaffen, ihre Bewertungs- und Gestaltungskompetenzen zu fördern und die Menschen zur Partizipation im Rahmen demokratischer Strukturen zu befähigen. Die Schülerlabore nehmen eine Schlüsselstellung ein, wenn es darum geht, aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse aus den Fachdisziplinen und aus der

Didaktik in neue Unterrichtskonzepte zu überführen und in die Lehrkräfteausbildung und -fortbildung sowie in die Schulen und die Gesellschaft zu bringen.

Literatur

- UNESCO (2016): Global Education Monitoring Report. Education For People And Planet. Creating Sustainable Futures For All. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002457/245752e.pdf> (abgerufen am 29.01.18).
- Peters, U. (2014). Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung – Ein Überblick. In: Bellendorf, P., Bittner, A., Exner, V., Gruber, F., Peters, U., Pyhel, T. & Witte, U. (2014). Nachhaltigkeit gestalten. München: oekom verlag.
- Peters, U. und Parchmann, I. (2018). Plädoyer für eine MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren. In LernortLabor (Hrsg.). MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren – Lernen für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Gesellschaft. S. 150–161.
- UN Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (1992). Agenda 21. Original Dokument in deutscher Übersetzung, online: <http://www.agenda21-treffpunkt.de/archiv/ag21dok/index.htm>

Kontakt

Ulrike Peters, siehe Seite 204.

22 <http://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

Plädoyer für eine Nachhaltigkeitsbildung – die besondere Rolle von Schülerlaboren

Ulrike Peters und Ilka Parchmann

Einführung

Nachhaltigkeitsbildung, Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE), Nachhaltigkeit von Bildung – Bildungsbegriffe und die damit verbundenen unterschiedlichen Nuancen ihrer Bedeutung sind vielfältig, haben aber eines gemeinsam: ein klares Plädoyer für die Bedeutung von Bildung in Prozessen, denen das Paradigma einer nachhaltigen Entwicklung von Umwelten, Gesellschaften, Ökonomien und Kulturen und deren Zusammenspiel zugrunde liegt. Wissenschaft untersucht diese Prozesse und entwickelt Modelle, auf deren Basis Deutungen und wahrscheinlichkeitsbasierte Vorhersagen möglich sind, um zukünftige Entwicklungen zu begleiten und zu steuern. Bildung legt die Basis für ein Grundverständnis dieser Deutungs- und Vorhersagemodelle, um darauf aufbauend auch als Bürgerinnen und Bürger reflektiert Entscheidungen treffen und sich selbst für nachhaltige Entwicklungen einsetzen zu können. Entsprechende Bildungsangebote gibt es nicht nur in Deutschland zahlreich, eine große Herausforderung stellt jedoch nach wie vor die Umsetzung von Wissen in Handeln dar – eine Grundbedingung für die Gestaltung nachhaltiger Entwicklungs- und Transformationsprozesse. Deshalb ist es zum einen notwendig, die Bedingungen und Erfolgsfaktoren einer Nachhaltigkeitsbildung immer wieder selbst auf den Prüfstand zu stellen, und zum anderen eine Verbreitung und Implementierung erfolgreicher Ansätze zu unterstützen.

Schülerlabore können in diesem Prozess gleich mehrfach eine besondere Rolle einnehmen: Sie stellen einen Ort für die (in mehrfacher Hinsicht

forschungsbasierte) Entwicklung von Angeboten zur Nachhaltigkeitsbildung dar, sie disseminieren diese an Schulen und in die Gesellschaft, und sie bieten Lerngelegenheiten für zukünftige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Lehrkräfte. Sie ergänzen damit andere Wege und Formate, um Fragen von Nachhaltigkeit zu einem bedeutenden gesellschaftlichen Thema zu machen und einen breiten Diskurs anzuregen. Nachfolgend wird zunächst aufgezeigt, wie Fragen nachhaltiger Entwicklungen in den gesellschaftlichen Diskurs gebracht wurden und werden, etwa über Narrative, globale Initiativen oder eben Bildungsprogramme, bevor auf die Rolle von Schülerlaboren spezifischer eingegangen wird.

Nachhaltigkeit als Thema von Gesellschaftsentwicklung

Mit ihrem Buch „Silent Spring“ erregte die Biologin Rachel Carson im Jahr 1962 in den USA eine große Aufmerksamkeit und katalysierte ein beginnendes Umweltbewusstsein in der amerikanischen Gesellschaft. Der Historiker Joachim Radkau schreibt „Silent Spring“ die Formierung „eines kritischen Umweltbewusstseins“ in der Öffentlichkeit zu – eine Wirkung, die er unter anderem auf den emotionalisierenden Charakter des Buches zurückführt. „Silent Spring“ traf in der amerikanischen Gesellschaft auf vorbereiteten Boden. Denn die Bewegung gegen Atomwaffenversuche, die durch prominente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterstützt wurde, hatte eine ebenso starke emotionale Wirkung auf die Bürgerinnen und Bürger, wie die damals parallel stattfindende Kontroverse um

das gesundheitliche Restrisiko von Medikamenten in Bezug auf unbeabsichtigte Wirkungen. Letztere war durch die verheerenden Nebenwirkungen von Thalidomid ausgelöst worden. Die Einnahme des Medikaments, das in Deutschland unter dem Namen Contergan vertrieben wurde, führte bei Schwangeren zu dramatischen Fehlbildungen der Neugeborenen und löste heftige gesellschaftliche Debatten aus. Carson hatte darüber hinaus mit „Silent Spring“ auch eine Analyse der historischen Situation vorgenommen – damals in dieser Form etwas Neues. Durch diese Analyse erst, erreichte die Sorge um die Umwelt eine politische Handlungsfähigkeit, so Radkau (2013).

In Deutschland, wo Carsons Buch zunächst keine vergleichbare Resonanz in der Gesellschaft erzeugte, gab jedoch zehn Jahre später eine Publikation des Club of Rome mit dem Titel „Die Grenzen des Wachstums“ (Meadows et al. 1972) einen ähnlich starken Impuls in eine bereits begonnene deutsche Umweltdebatte. Beide Werke erzeugten in der Gesellschaft neue Narrative: Das eingängige „Bild“ eines stummen Frühlings, in dem kein Vogel mehr

singt, und die „Vorstellung“ absoluter Wachstumsgrenzen auf der Erde.

Das Narrativ der Grenzen des Wachstums, bei deren Überschreitung das ökologische Gleichgewicht der Erde empfindlich gestört würde, spiegelt sich auch in den aktuellen Konzepten zu „Planetaren Leitplanken“ wider. Der Beitrag „A safe operating space for humanity“, der von einem internationalen wissenschaftlichen Konsortium erarbeitet und im Jahr 2009 veröffentlicht wurde (Rockström et al. 2009), enthält eine Beschreibung des Systems des Planeten Erde anhand von neun zentralen Leitplanken (Planetary Boundaries) (s. Abb. 1). Die dahinterliegende Idee der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist die Identifikation von Belastbarkeitsgrenzen des Erdsystems anhand zentraler Variablen für die identifizierten Leitplanken. Die Berechnungen erlauben Aussagen dazu, inwieweit die Auswirkungen menschlichen Handelns das Erdsystem bereits in Risikobereiche geführt haben oder sich noch in einem für die Menschheit einigermaßen sicheren Handlungsbereich innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen befinden. Als Referenzrahmen



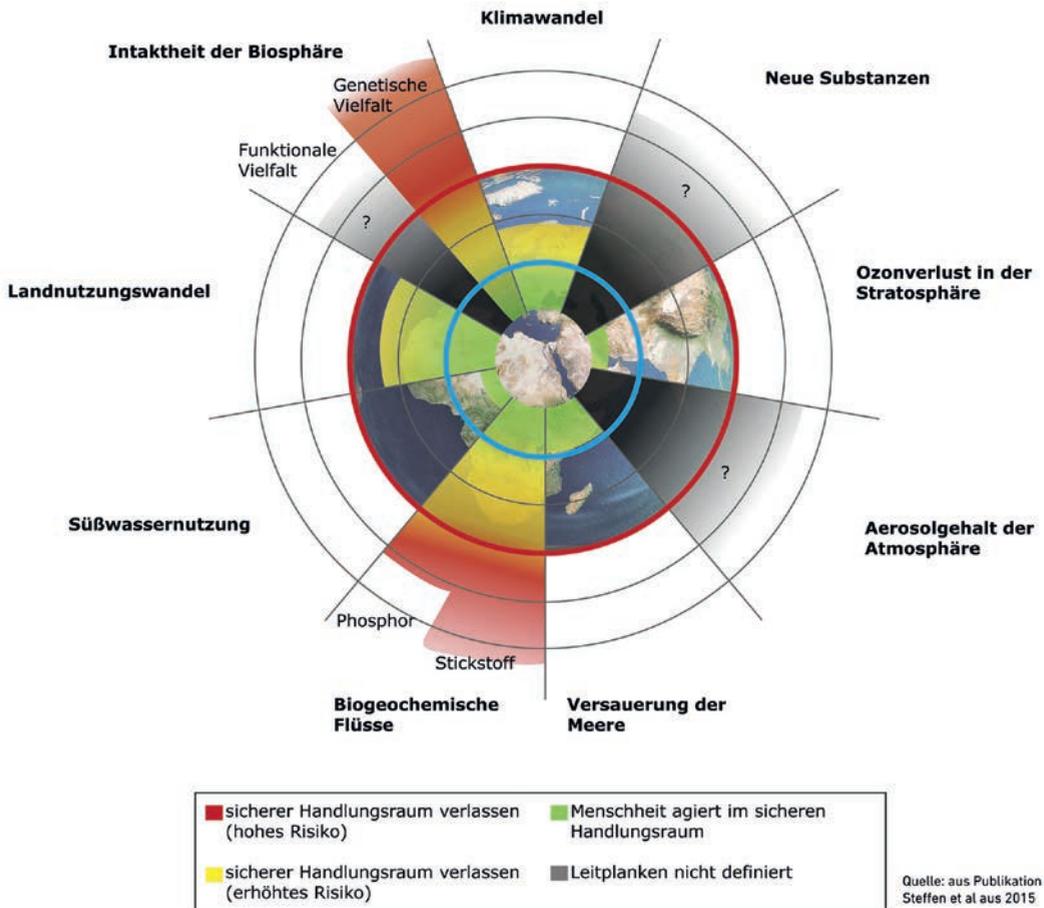


Abb.: 1 Die Planetaren Leitplanken (Planetary Boundaries) beschreiben neun wichtige Prozesse der Tragfähigkeit des Erdsystems und seiner Belastbarkeitsgrenzen, welche maßgeblich die Erhaltung der menschlichen Lebensgrundlagen beeinflussen (Grafik verändert nach Steffen et al. 2015).

gilt dabei die Tragfähigkeit des Erdsystems und der damit verbundenen Funktionsfähigkeit ökologischer Prozesse, welche die Lebensgrundlagen für die Menschen liefern.

Die zentralen Prozesse der neun Leitplanken, die nach Rockström und Kollegen die Stabilität des Erdsystems maßgeblich bestimmen, beeinflussen die globalen Wechselwirkungen zwischen Land, Ozean, Atmosphäre und Lebewesen grundlegend. Als Hauptleitplanken gelten dabei „Klimawandel“ und „Integrität der Biosphäre“, da sie eng mit den anderen Leitplanken verbunden sind. Das Konzept Planetarer Leitplanken wurde im Jahr 2015 noch-

mals aktualisiert (Steffen et al. 2015). Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass sich vier der neun beschriebenen Planetaren Leitplanken bereits außerhalb eines für die Menschheit sicheren Bereichs des Erdsystems befinden, einem sogenannten „safe space for humanity“. Die übermäßige Ausbringung der biogeochemischen Substanzen Phosphat und Stickstoff durch Düngung sowie die Auswaschung dieser Nährstoffe führen beispielsweise zu einem Überangebot in Böden und zu einer Eutrophierung von Binnengewässern und Ozeanen. In einem erhöhten Risikobereich liegen neben dieser „Biogeochemische Stoffflüsse“ genannten Leitplanke

auch die Leitplanken „Integrität der Biosphäre“, „Landnutzungsänderungen“ und „Klimawandel“ (Abb. 1).

Auch der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) – ein von der deutschen Regierung schon in den neunzehnhundertneunziger Jahren etabliertes Politikberatungsgremium – befasst sich in seinem Hauptgutachten „Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“ im Jahr 2011 mit der Belastbarkeit des Erdsystems anhand Planetarer Leitplanken¹. Der WBGU, der traditionell auch sozialwissenschaftliche Perspektiven einnimmt, forderte eine große gesellschaftliche Transformation zur Nachhaltigkeit (WBGU 2011). Mit dieser vielbeachteten tiefgreifenden Forderung beeinflusst das Gremium die Nachhaltigkeitsdebatte bis heute grundlegend. Der WBGU ist mit dem wissenschaftlichen Konsortium der Bundesregierung rund um Johan Rockström vernetzt. So ist der Klimaforscher Hans-Joachim Schellnhuber sowohl Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderungen als auch in dem Expertenkreis rund um Rockström. Wengleich neben dem WBGU auch Rockström und viele andere Wissenschaftler das Thema „Belastbarkeitsgrenzen des Erdsystems“ weitgehend interdisziplinär diskutieren und in Lehre und Bildungsangeboten ganzheitlich vermitteln², lässt sich das Modell der Planetaren Leitplanken jedoch zunächst als ein naturwissenschaftliches Modell charakterisieren (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015).

Durch die oben bereits erwähnten zentralen Variablen in den neun Leitplanken werden messbare Belastbarkeitsgrenzen des Erdsystems beschrieben. Bei konsequenter Umsetzung dieser zentralen Idee könnten die zukünftigen Auswirkungen gegenwärtigen menschlichen Handelns ebenfalls mithilfe der wissenschaftlichen Modelle berechnet und überblickt werden. Die Folgen

aktueller politischer Weichenstellungen beispielsweise in Hinblick auf Klimaziele, Artenschutzmaßnahmen, Rohstoffstrategien, landwirtschaftliche Düngekonzepte, Kunststoffeintrag in den Ozean, Landnutzungswandel, Umsteuerung der Energiesysteme hin zu erneuerbaren Energien und so weiter könnten also fundiert abgeschätzt und politische Entscheidungen könnten gegebenenfalls nachjustiert oder korrigiert werden, sofern sie sich als unzureichend erweisen. Das bekannteste Beispiel ist das sogenannte 2-Grad-Limit in Bezug auf die Planetare Leitplanke Klimawandel.

Auf die Arbeit der Klimaforscher geht damit auch die Grundidee der Formulierung messbarer Steuerungsvariablen als Grenzwert für die Belastbarkeit der jeweiligen Leitplanke zurück. In einem weltweit koordinierten Programm, dem Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), werden mithilfe hochkomplexer Klima- und Ozeanmodelle Szenarien für den Klimawandel, seine Ursachen und die Wirkung möglicher Steuerungsmaßnahmen berechnet und eine essenzielle Politikberatung geleistet. Das sogenannte 2-Grad-Limit ist ein politisches Ziel, das auf der Basis berechneter Szenarien formuliert wurde und auch als eine zentrale Forderung in die Verhandlungen zum Übereinkommen von Paris im Dezember 2015 (UN 2015) eingegangen ist. Das Ziel der Verhandlungen war es zunächst, die mit dem menschengemachten Klimawandel verbundene Erhöhung der globalen mittleren Temperatur auf maximal zwei Grad zu begrenzen. Dabei war zu berücksichtigen, dass zu dem Zeitpunkt bereits eine Erhöhung der globalen mittleren Temperatur um fast ein Grad im Vergleich zum vorindustriellen Niveau gemessen wurde.

Ebenfalls zu bedenken war, dass sich die Temperaturerhöhungen durch den Klimawandel regional unterschiedlich darstellen und auch die Folgen regional sehr verschieden sind. So gehen

¹ Der WBGU nennt dies Planetarische Leitplanken.

² S. SDG-Akademie: <http://unsdsn.org/what-we-do/education-initiatives/>

die Klimaforscher bei Einhaltung des globalen 2-Grad-Limits beispielsweise von einer durchschnittlichen Erhöhung von drei bis vier Grad in der Arktis und der Antarktis aus, während sich die mittlere Temperaturerhöhung in der Nähe des Äquators bei etwa einem Grad Celsius abspielt. Extremwetterereignisse wie Hurrikane und Starkregenfälle sowie zunehmende Trockenheit und Wüstenbildung treffen die mittleren Breiten besonders hart, während in den kühleren Regionen das Auftauen von Gletschern oder von Permafrostböden zu großen Problemen führt. Das bedeutet auch, dass die regionale Betroffenheit der Folgen des Klimawandels sehr unterschiedlich sein kann. Ein Beispiel dafür sind viele kleine Inselstaaten, die wie die Malediven auf Koralleninseln beheimatet sind und oft nur geringfügig über dem Meeresspiegel liegen. Sie wären auch bei einer Begrenzung der mittleren Erhöhung der globalen Temperatur auf maximal zwei Grad Celsius bereits durch den damit verbundenen Anstieg des Meeresspiegels existenziell bedroht.

Aufgrund dieser Erkenntnis hat während der Klimaverhandlungen von Paris ein Zusammenschluss kleiner Inselstaaten versucht, die Ergebnisse zu beeinflussen, was ihnen durch hartnäckige Interventionen auch tatsächlich gelungen ist. Sie schlossen sich zusammen und setzten während der Verhandlungen durch, dass als Ziel im Übereinkommen von Paris die Einhaltung einer globalen durchschnittlichen Erwärmung möglichst unter dem Limit von unter 1,5 Grad Celsius formuliert wurde (UN 2015). Dieser Erfolg wird maßgeblich Tony de Brum zugeschrieben, dem damaligen Außenminister der Marshall-Inseln. Ihm gelang es auf dem Klimagipfel in Paris 2015 eine „Koalition der Ehrgeizigen“ zu schmieden³ und den Interessen der kleinen Inselstaaten eine „klar vernehmbare und weltweit geachtete Stimme“ zu geben⁴. Wissenschaftlern

kam dabei eine ganz zentrale Rolle zu, denn die Klimaforscher lieferten den politischen Vertretern der kleinen Inselstaaten die Datengrundlage für ihr Engagement während der Verhandlungen.

Klimaforscher bereiteten ihre Forschungsergebnisse außerdem so gut auf, dass die Medien das komplexe Thema „Klimawandel“ facettenreich aufgreifen konnten. Beispielhaft zu nennen sind hier Hans-Joachim Schellnhuber mit der Publikation *Selbstverbrennung* aus dem Jahr 2015 und Stefan Rahmstorf mit seinem Wissenschaftsblog *Klimalounge*⁵. Die Grundproblematik und die zu verhandelnden Ziele wurden nicht zuletzt durch die Resonanz in den Medien bereits während der Verhandlungen von Paris für Laien verständlich, ja es war sogar der Stand der Verhandlungen während der Konferenz einigermaßen nachvollziehbar.

Der Konferenz von Paris, es handelte sich um die 21. Conference of the Parties (COP 21), folgten und folgen jährlich weitere UN-Klimakonferenzen, wie die COP 22 im November 2016 in Marrakesch, die COP 23 im November 2017 in Bonn und die COP 24 im Dezember 2018 in Polen. Der globale gesellschaftliche Aushandlungsprozess zur Begrenzung des Klimawandels geht weiter. Damit mündige Bürgerinnen und Bürger den Gegenstand und die Ergebnisse dieser Verhandlungen nachvollziehen und bewerten können, ist es erforderlich, dass sich Nachhaltigkeitsbildung weiterhin intensiv mit dem Thema Klimawandel befasst. Es sind die Entwicklung und Etablierung wirksamer neuer Konzepte der Nachhaltigkeitsbildung ebenso erforderlich wie deren Verbreitung und flächendeckende Umsetzung in allen Bildungsbereichen, damit die Bürgerinnen und Bürger sich eine eigene und unabhängige Meinung bilden und sowohl in ihrem persönlichen Alltag als auch in politisch wirksamen Situationen handeln können. Eine Schlüsselrolle für diese effektive Wissenschaftskommunikation

3 s. <https://www.bmub.bund.de/pressemitteilung/trauer-um-tony-de-brum-vormaliger-aussenminister-der-marshall-inseln/>

4 https://www.dbu.de/123artikel37388_2362.html

5 <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/>

rund um die Klimaverhandlungen kommt ebenfalls der Formulierung des 2-Grad-Limits zu, eine auch Laien verständliche und mit den Klimamodellen konkret ermittelbare Größe. Wünschenswert ist es, auch für die anderen Leitplanken ähnlich gut kommunizierbare Variablen zu finden, mit denen sich die Belastbarkeit des Erdsystems verlässlich beschreiben und überprüfen lässt, die Politikerinnen und Politikern als Orientierung dienen und die zudem in Bildungskontexten gut vermittelbar sind.

Doch zurück zu Rachel Carson: Sie war schon in den neunzehnhundertfünfziger Jahren auf die Gefahren aufmerksam geworden, die durch den massenhaften Einsatz von DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) drohten. Das Insektizid wurde von der Schweizerischen Geigy AG im Jahr 1940 patentiert und dann im großen Stil produziert. Ab 1942 vergab Geigy Lizenzen nicht nur in die USA, sondern auch nach Großbritannien, Japan und Deutschland – also an fast alle Kriegsgegner. In den USA war DDT im zweiten Weltkrieg großflächig zur Entlausung von europäischen Geflüchteten sowie von Soldaten

eingesetzt worden, wo es daher zunächst herzlich willkommen war. Zudem galt DDT als Wunderwaffe gegen Malaria und wurde beispielsweise in den Jahren 1946 bis 1949 in sämtlichen Malaria-gebieten Italiens großflächig eingesetzt. Während Italien so problemlos malariefrei gemacht werden konnte, wurde in Sardinien und Griechenland die Befreiung von der Malaria bereits durch DDT-Resistenzbildungen von Anopheles-Mückenarten begleitet, die später noch drastisch zunahmten. Während im Jahr 1956 zunächst vier Anopheles-Arten DDT-Resistenzen aufwiesen, waren es im Jahr 1968 bereits 38 Arten. Auch fiel bereits im Jahr 1953 auf, dass sich das gut fettlösliche DDT in menschlichem Fettgewebe akkumulierte und in Muttermilch und in vielen fetthaltigen Nahrungsmitteln zu finden war (Vaupel 2003).

Die Persistenz von DDT war in den neunzehnhundertvierziger Jahren ebenfalls schon bekannt. Während die Langlebigkeit von Stoffen nicht zuletzt aufgrund des Potenzials der Substanzen zur Anreicherung in den Nahrungsketten heute als



690 kg Müll sammelten Kieler Schulen, Verbände und Vereine beim Coastal Cleanup Day im Jahr 2016 an der Kieler Förde. (Foto: Future Ocean)

problematisch angesehen wird, begrüßte man diese Stoffeigenschaft damals zunächst. Man dachte, so auf häufige Pestizidgaben verzichten zu können. Verboten wurde DDT in der Bundesrepublik Deutschland und in den USA erst im Jahr 1972 und dann nach und nach in vielen Regionen der Welt, wodurch die Problematik eingedämmt werden konnte. Zwischen 1940 und 1972 wurden schätzungsweise zwei Millionen Tonnen DDT in die Umwelt verbracht, davon etwa 80 Prozent in die Landwirtschaft. Noch heute lässt sich DDT aufgrund seiner Langlebigkeit in tierischen und in menschlichen Körpern nachweisen⁶.

Wie DDT wurden auch die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zunächst als harmlos eingestuft. Obwohl im Jahr 1974 zum ersten Mal vor FCKW gewarnt wurde, sorgte erst die Entdeckung eines saisonalen Ozonlochs über der Antarktis im Jahr 1986 für einen Meinungswandel. Bereits im Jahr 1987 verpflichteten sich dann viele Staaten im Montrealer Abkommen freiwillig zu einer drastischen Reduktion, ein präziser Zeitplan für den weltweiten Ausstieg aus Produktion und Verwendung von FCKW war beschlossen. Tatsächlich wurde der Zeitplan sogar mehrfach verschärft. Seit einigen Jahren geben Wissenschaftler nun Entwarnung, denn das Ozonloch schließt sich langsam. Es wird erwartet, dass bis zur Mitte dieses Jahrhunderts das global wirksame Niveau von 1960 erreicht wird⁷. Im Jahr 1995 erhielt der Meteorologe und Atmosphärenforscher Paul Crutzen, gemeinsam mit den Chemikern Mario Molina und Sherwood Rowland den Nobelpreis für Chemie für die Erforschung der Empfindlichkeit der atmosphärischen Ozonschicht gegenüber anthropogenen Substanzen sowie für ihre Warnung vor einem globalen Umweltproblem mit katastrophalen Konsequenzen. Ein DBU-Interview vom 13.09.1995⁸ mit Paul Crutzen und Frank Arnold, die bereits im Jahr 1994

für Ihre Atmosphärenforschung den Deutschen Umweltpreis erhielten⁹, hat den Charakter eines Zeitdokuments, dass es erlaubt, die damalige wissenschaftliche Perspektive auf Ozon-Abbau und Klimawandel nachzuvollziehen. Diese Perspektive charakterisiert sich im Vergleich zu heute nicht zuletzt durch einen noch wenig verfestigten Erkenntnistand. Zumindest in Bezug auf den stratosphärischen Ozon-Abbau konnte dennoch bereits in den neunzehnhundertachtziger Jahren eine wirksame Lösung durchgesetzt werden. Der großen Relevanz des Ozon-Verlustes in der Stratosphäre für das Erdsystem wird in den Konzepten der Planetaren Leitplanken Rechnung getragen, indem dieser Prozess in einer „eigenen“ Planetaren Leitplanke abgebildet wird – der Leitplanke „Ozon-Verlust der Stratosphäre“. Aus heutiger Perspektive dürfte dies die erste der neun Planetaren Leitplanken sein, die vom Menschen zunächst unbewusst aus dem „sicheren Handlungsbereich herausmanövriert“ und bis Mitte dieses Jahrhunderts dann nicht zuletzt mithilfe des FCKW-Verbotes bewusst wieder in einen „safe space for humanity“ des Erdsystems „zurückgesteuert“ sein wird.

FCKW und DDT sind zwei Beispiele dafür, dass Verbote von Stoffen Umweltprobleme effektiv lösen können. Die Beispiele zeigen jedoch auch, dass wissenschaftliche Erkenntnisse allein noch nicht ausreichen, sondern auch eine Sensibilisierung der Bevölkerung und der Medien erforderlich war, um diese Verbote zu erwirken. Zudem wird anschaulich, dass Jahrzehnte vergehen können, bis nach einem weitgreifenden Verbot eine deutliche umwelt- und gesundheitsentlastende Wirkung eintritt, was den aktuellen hohen Verantwortungs- und Handlungsdruck in Bezug auf die anderen Leitplanken klar herausarbeitet. Die Rolle von Nachhaltigkeitsbildung in diesem Kontext wird im nächsten Kapitel beschrieben (s. u.).

6 https://www.vis.bayern.de/ernaehrung/lebensmittelsicherheit/unerwuenschte_stoffe/ddt.htm zuletzt am 03.12.16.09.17

7 <https://www.bmub.bund.de/pressemitteilung/das-ozonloch-wird-kleiner/> zuletzt am 03.12.17

8 https://www.dbu.de/123artikel25381_2442.html

9 https://www.dbu.de/123artikel2183_2418.html

DDT ist wie Plastik, Nanomaterialien und Radionuklide ein Beispiel-Stoff aus der Planetaren Leitplanke „Neue Substanzen“ (Novel Entities; s. Abb. 1), in der der Eintrag anthropogener Stoffe in die Umwelt beschrieben wird. Diese Leitplanke ist im Vergleich zu den genannten Leitplanken „Klimawandel“ und „Ozon-Verlust der Atmosphäre“ bisher allerdings noch wenig konkretisiert. So fehlen hier zentrale Variablen für Belastbarkeitsgrenzen und Risikobereiche, mit denen die Risikodimension der Leitplanke beschrieben, die Belastbarkeitsgrenzen des Erdsystems definiert und gemessen sowie ein Monitoring etabliert werden könnte (Steffen et al. 2015). Deutlich ist allerdings auch so, dass Stoffe wie Kunststoffe bereits erhebliche Probleme in der Umwelt verursachen. Sie finden sich in Gewässern, im Ozean, in Sedimenten, in Pflanzen und Tieren und gelangen so in die Nahrungsketten. Je nach chemischer Zusammensetzung der Kunststoffe wird ihre Lebensdauer im Meer auf bis zu 450 Jahre geschätzt¹⁰. Bis Ende 2015 sind weltweit insgesamt etwa 5.800 Millionen Tonnen primäre Kunststoffabfälle entstanden. Geht die Kunststoffproduktion mit den derzeit hohen, fast exponentiellen Steigerungsraten weiter, werden dies im Jahr 2050 bereits mehr als 26.000 Millionen Tonnen sein, wovon etwa 12.000 Millionen Tonnen in Mülldeponien verbleiben oder in die Umwelt gelangen. Leider geben Geyer et al. (2017) keine Zahlen allein für die in die Umwelt gelangende Menge an. Auch ist die Menge an Kunststoffen, die den Ozean insgesamt erreichen, noch immer unbekannt. Schätzungen, die für das Jahr 2010 vorliegen, zeigen aber, dass von den allein in dem Jahr in 192 Küstenländern entstandenen 275 Millionen Tonnen an Kunststoffabfällen zwischen 13 Prozent (4,8 Mio. Tonnen) und 35 Prozent (12,7 Mio. Tonnen) in den Ozean gelangt sind (Jambeck et al. 2015). Würde noch heute der Einsatz aller Kunststoffe verboten, vergingen abhängig von der Persistenz des jeweiligen Kunststoffs Jahrhunderte, bis die Umweltbelas-

tungen wieder eingedämmt wären.

Die weitreichenden Verbote von DDT und FCKW sind erst nach intensiver gesellschaftlicher Debatte erfolgt, an denen kritische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, gute Kommunikatoren, die Medien sowie eine sensibilisierte Öffentlichkeit jeweils wichtige Anteile hatten. Durch konzertiertes Vorgehen weltweit könnte die Belastung durch Kunststoffe ebenfalls wirksam eingedämmt werden. Eine kritische Debatte zur Belastung der Umwelt mit Kunststoffen hat in vielen Ländern bereits begonnen und wird auch durch die Medien immer wieder aufgegriffen. Bis zu einer weltweiten Strategie zur Eindämmung der Umweltbelastungen durch Kunststoffe scheint es jedoch noch ein langer Weg zu sein und von einer „Peak-of-Plastic-Emission“ ist die heutige Generation noch weit entfernt. Projekte der Nachhaltigkeitsbildung, wie der internationale *Coastal Cleanup Day* (s. u.), erscheinen allerdings geeignet, Bürgerinnen und Bürger für das Kunststoffproblem zu sensibilisieren und ihnen Handlungsmöglichkeiten zu seiner Lösung aufzuzeigen. Ein weiteres Beispiel für eine hohe Wirksamkeit von projektbezogener Nachhaltigkeitsbildung ist das Engagement Osnabrücker Schülerinnen und Schüler der Ursulaschule, die erreicht haben, dass mehr als 100 Einzelhändler in der Stadt Osnabrück Einkaufstüten aus Plastik nur noch gegen Entgelt und erst auf Nachfrage der Kunden herausgeben. Die Osnabrücker Jugendlichen haben dadurch in ihrer Stadt Handlungsoptionen genutzt, eine Transformation gestaltet und einen Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit herbeigeführt.

Die Erkenntnis der Selbstwirksamkeit und des Selbstverständnisses des Menschen als „gestaltende Kraft“ wird im Rahmen der Nachhaltigkeitsdebatte durch den Begriff „Anthropozän“ ausgedrückt. Dabei geht man mit der Vorstellung des Anthropozäns als „Menschenzeit“ davon aus, dass die Menschen nicht nur in der Lage sind, das Erdsystem aus dem Gleichgewicht zu bringen, sondern ebenso fähig,

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/verrottet-plastik-gar-nicht-nur-sehr-langsam>

störende Einflüsse soweit unter Kontrolle zu bringen, dass die menschlichen Lebensgrundlagen langfristig erhalten bleiben. Die Menschheit stehe demnach in „der entscheidenden Epoche“ des Planeten vor der Wahl „zu zerstören oder zu gestalten“, mahnt der Journalist Christian Schwägerl (2010). Diskutiert wird in diesem Rahmen ein neues Verständnis von Mensch, Natur und Kultur, in dem eine menschliche Verantwortungskultur bedeutend ist. Der Geologe Reinhold Leinfelder spricht dabei von der Verantwortung für das Anthropozän (2013). Es geht darum, die menschlichen Lebens- und Wirtschaftsweisen so zu entwickeln und zu gestalten, dass die ökologischen Lebensgrundlagen erhalten bleiben.

Nachhaltigkeit als Thema von und für Bildung

Der Begriff „gestalten“ nimmt direkten Bezug auf die UN-Konferenz von Rio de Janeiro im Jahr 1992. Die dort vereinbarte Agenda 21 beschrieb Ziele einer weltweit nachhaltigen Entwicklung. Unterstützt von der Publikation „Zukunftsfähiges Deutschland“ (BUND 1994) kommt zu den anfangs beschriebenen begrenzenden, düsteren Nachhaltigkeitsnarrativen ein drittes, kraftvolles und lebensbejahendes Narrativ hinzu – das der Gestaltbarkeit einer nachhaltigen und lebenswerten Zukunft für alle Menschen. An dieses Narrativ knüpfen die Beschreibung eines „sicheren Handlungsraums für die Menschheit“ ebenso an, wie die Formulierung der Agenda 2030 und die skizzierte Debatte um das Anthropozän.

Das Kapitel 36 der Agenda 21 löste in den neunzehnhundertneunziger Jahren eine bildungsbezogene Fachdiskussion um einen Paradigmenwechsel in der Bildung hin zu einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) aus. Die Agenda 21 stärkte die Rolle der „Nicht-Regierungsorganisationen“ (NGOs) und die Idee einer vermehrten Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen an wichtigen Zukunftsfragen. Im Vordergrund stand daher zunächst die Befähigung der Akteure zur Partizipation an

Entscheidungsprozessen und zur Gestaltung nachhaltiger gesellschaftlicher Entwicklungen. Daher wurde ein neues, ganzheitliches Verständnis von Bildung diskutiert. Der Soziologe und Erziehungswissenschaftler Gerhard de Haan formulierte die Gestaltungskompetenzen als zentrale Schlüsselkompetenzen der UN-Dekade für nachhaltige Entwicklung (2008). Sie nehmen eine zentrale Rolle in den pädagogischen Konzepten der BNE ein. Die Vereinten Nationen riefen im Jahr 2005 die Dekade Bildung für Nachhaltige Entwicklung aus, die in Deutschland besonders intensiv bearbeitet wurde und das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung zu einem selbstverständlichen Bestandteil einer zukunftsfähigen Bildung machte, wie de Haan im Jahr 2014 abschließend urteilte. Er stellte weiterhin fest, dass die entscheidenden Schritte zur Implementierung in die Strukturen und den Alltag des Bildungssystems hinein noch bevorstünden¹¹. Neben den zwölf Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz hat auch die Bewertungskompetenz, die Bestandteil der Bildungsstandards der Naturwissenschaften ist, eine zunehmende Bedeutung in der Kompetenzdebatte zu BNE erhalten (Eilks et al. 2011; Bögeholz et al. 2018).

Im Anschluss an die UN-Dekade fiel im Jahr 2015 der Startschuss für das UNESCO-Weltaktionsprogramm Bildung für Nachhaltige Entwicklung, das an die Ergebnisse der Dekade anknüpft und methodisch auf einem bundesweiten Beteiligungsansatz von Bildungsmultiplikatoren in sechs Foren basiert. Das Programm strebt an, langfristig eine systemische Veränderung des Bildungssystems zu bewirken und Bildung für Nachhaltige Entwicklung vom Projekt in die Struktur zu bringen. Es zielt auch darauf ab, einen wesentlichen Beitrag zur Agenda 2030 zu leisten, die im September 2015 von den Vereinten Nationen verabschiedet wurde (s. Abb. 2).

Die Agenda 2030 umfasst 17 Ziele nachhaltiger Entwicklung (Sustainable Development Goals, kurz SDGs¹²), die bis zum Jahr 2030 erreicht werden

11 (s. <http://www.bne-portal.de/de/bundesweit/un-dekade-bne-2005-2014>)

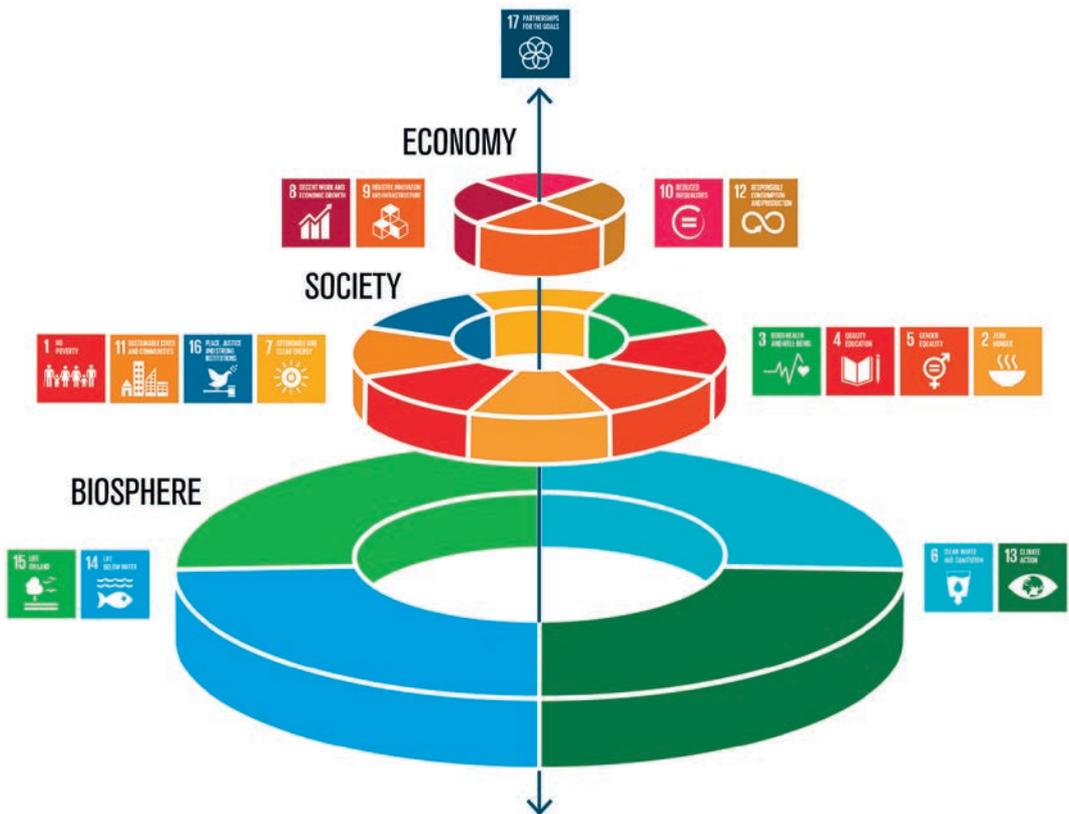


Abb. 2: Die Erreichbarkeit wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele basiert auf dem Erhalt der Biosphäre. In der sogenannten Wedding Cake-Grafik sind die 17 Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 hinsichtlich des Nachhaltigkeitsdreiecks geordnet. Grafik: Azote Images for Stockholm Resilience Centre.

sollen. Sie können in ökologische, ökonomische und soziale Ziele eingeteilt werden (s. Abb. 2)¹³. Der Club of Rome weist in seinem aktuellen Bericht mit dem Titel „Wir sind dran“ (v. Weizsäcker & Wijkman 2017) auf ein gravierendes Dilemma hin: Eine erfolgreiche Umsetzung der sozioökonomischen Ziele der Agenda 2030 könnte den raschen weiteren Ruin für Klima, Ozean und Artenvielfalt bedeuten, also die ökologischen Ziele zertrampeln. Daher müsse die Agenda 2030 als integrales Ganzes gesehen werden.

Einen direkten Bezug auf die Bildung für Nachhaltige Entwicklung nimmt das Ziel 4,7: „Bis 2030

sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für Nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung“ (Deutsche Übersetzung Nationale Plattform für Nachhaltige Entwicklung 2017). Die Nationale Plattform für Nachhaltige Entwicklung veröffentlichte im Juni 2017 den Nationalen Aktionsplan, der unter

12 <http://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

13 <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-how-food-connects-all-the-sdgs.html>

bundesweiter Beteiligung zahlreicher Bildungsakteure entwickelt wurde, als deutschen Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm (Nationale Plattform für Nachhaltige Entwicklung 2017). Er enthält eine große Sammlung von geplanten Maßnahmen, die von den Bildungsmultiplikatoren in den sechs Foren zusammengetragen worden sind.

Durch die Forderung nach einer transformativen Bildung beförderte der WBGU (2011) in Deutschland neben der Diskussion um die Beachtung Planetarer Leitplanken auch eine daran anknüpfende Methoden- und Zieldiskussion innerhalb der Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Transformative Bildung wird zunehmend als neues Konzept innerhalb der Debatte um Globales Lernen und Bildung für Nachhaltige Entwicklung diskutiert. Die Erziehungswissenschaftlerin Mandy Singer-Brodowski analysiert transformatives Lernen in Hinblick auf die Bereicherung einer transformativen Bildung (2016). Dabei beschreibt sie auch das zentrale erziehungswissenschaftliche Problem einer Gefahr der Instrumentalisierung von Lernenden im Dienst einer gesellschaftlichen Transformation. Lernende für politische Zwecke zu instrumentalisieren und sie dementsprechend zu indoktrinieren gilt in der politischen Bildung im Anschluss an den Beutelsbacher Konsens als unzulässig (Singer-Brodowski 2016).

Der Beutelsbacher Konsens wurde auf einer Tagung der Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg im Jahr 1976 als Minimalkonsens nach einer jahrelangen kontroversen Fachdebatte in der politischen Bildung festgehalten. Seine drei Elemente lauten kurzgefasst: Ein Überwältigungsverbot (keine Indoktrination), die Beachtung kontroverser Positionen in Wissenschaft und Politik im Unterricht sowie die Befähigung der Schüler, in politischen Situationen ihre eigenen Interessen zu analysieren. Lernende haben demnach das Recht auf eine neutrale und unabhängige politische Meinungsbildung¹⁴. Singer-Brodowski unterscheidet

mit Verweis auf den Erziehungswissenschaftler Hans-Christoph Koller (2012) zwei Richtungen des transformativen Lernens: die Ansätze des transformativen Lernens als Wandel individueller Bedeutungsperspektiven und die Konzepte des transformativen Lernens als kollektiver Bewusstwerdungs- und Emanzipationsprozess.

Bezüge zu den Bildungszielen der Wissenschaftsmündigkeit sind aus dem Bereich der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung im erweiterten Verständnis (Peters 2014) ebenfalls hergestellt. Gemeinsam ist hier bei allen Unterschieden das Ziel der Heranbildung mündiger Bürgerinnen und Bürger auch im Sinne einer Scientific Literacy und unter Berücksichtigung des Überwältigungsverbots und des Kontroversitätsgebots. Bürgerinnen und Bürger bilden sich eine eigene unabhängige kritische Meinung und werden zu Nachhaltigkeitshandeln im Alltag und in politisch wirksamem Kontext befähigt. Fragen zu leitenden Werten und ethischen Grundhaltungen, die daran anknüpfen, eignen sich wie die Reflektion des Lebensstiles dafür, die Mündigkeit der Bürgerinnen und Bürger zu stärken und sind interdisziplinär anschlussfähig.

Eine klare Interpretation einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung als politische Bildung führt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit in seinem „Bildungskonzept für den BMUB-Geschäftsbereich“ aus. Dort heißt es: „BNE als politische Bildung fördert Dialogfähigkeit und Orientierungswissen, kreatives und kritisches Denken. Sie zielt auf die Bereitschaft, Verantwortung für das eigene Handeln zu übernehmen sowie mit Unsicherheiten und Widersprüchen umzugehen, Probleme zu lösen und an der Gestaltung einer demokratischen und kulturell vielfältigen Gesellschaft mitzuwirken. Sie schafft Experimentier- und Gestaltungsräume für Nachhaltigkeitslösungen und gesellschaftliche Innovationen“¹⁵.

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt fokussiert

¹⁴ <http://www.bpb.de/die-bpb/51310/beutelsbacher-konsens>

in ihren Förderleitlinien (DBU 2016) im Kontext der Ziele der Nachhaltigkeitsbildung insbesondere auf die Stärkung von Nachhaltigkeitsbewusstsein, -handeln und -kompetenzen sowie von systemischem Wissen, Denken und Handeln. Nachhaltigkeitsbewusstsein meint dabei eine Erweiterung des Begriffs Umweltbewusstsein um die Dimensionen Ökonomie und Soziales, wie es vom Kommunikationswissenschaftler Gerd Michelsen skizziert wurde: „Es sollen Lernprozesse angestoßen werden, die im persönlichen und beruflichen Leben das Bewusstsein für ökologisch Vertretbares, ökonomisch Realisierbares und sozial Verträgliches schärfen sowie entsprechende Verhaltensweisen ermöglichen“ (2007). Der Rio-Dreiklang Ökologie, Ökonomie, Soziales ist nach aktuellem Diskussionsstand zudem um die Dimension Kultur zu ergänzen. Weiterhin betont die DBU den Aspekt transformativer Methoden zur Stärkung von Nachhaltigkeitshandeln und Beteiligung, dazu zählen Ansätze wie Citizen Science, Reallabore¹⁵ und Service Learning. Die Anschlussfähigkeit zur politischen Bildung ist damit gegeben, da transformatives Lernen eine Schnittstelle zu gesellschaftlichem Lernen und Handeln innehat.

Betrachtet man Nachhaltigkeitsbewusstsein als Teil eines politischen Bewusstseins einer Gesellschaft, so kann es in Anlehnung an Sontheimer & Bleek (1999) nicht allein von der subjektiven Seite her erfasst werden. Vielmehr muss die „politische Kultur eines Systems auch die objektiven Gegebenheiten und historischen Prozesse berücksichtigen, die für die Entstehung der subjektiven Einstellungen und Gefühlshaltungen oft von entscheidender Bedeutung sind“. „Politische Kultur steht als Inbegriff für die in einer Gesellschaft vorhandenen beziehungsweise vorherrschenden Einstellungen, Glaubenshaltungen und Verhaltensweisen der Bürgerinnen und Bürger in Bezug auf das politische

System, in dem sie leben“. Das politische Bewusstsein basiert auf Wertevorstellungen mit seinen sozialen, wirtschaftlichen und politischen Aspekten. Nachhaltigkeitshandeln auf gesellschaftlicher Ebene ist meist in politische Prozesse, wie zum Beispiel Beteiligungsprozesse, eingebunden oder entsteht aus einem Engagement der Bürgerinnen und Bürger, wodurch es den Charakter politischen Handelns erhält.

Die Ableitung und Verortung einer modernen Nachhaltigkeitsbildung von den aktuellen politischen Vereinbarungen und wissenschaftlichen Konzepten orientiert sich daher an den Entwicklungszielen der Agenda 2030 sowie am Übereinkommen von Paris zur Begrenzung des Klimawandels und berücksichtigen den Gestaltungsrahmen eines sicheren Handlungsraums für die Menschheit innerhalb Planetarer Leitplanken (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015).

Der besondere Beitrag von Schülerlaboren in der Nachhaltigkeitsbildung

In den letzten Jahren wurden unterrichtliche Konzeptionen zur Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung verstärkt durch formelle oder semi-formelle außerschulische Angebote und Formate arrondiert. Schülerlabore haben sich neben Museen, Science Centern und Umweltbildungszentren als Lernorte für Schulklassen in Deutschland breit etabliert (www.lernortlabor.de), ebenso bieten Wettbewerbe und Schülerforschungszentren interessierten Jugendlichen tiefergehende Beschäftigungsmöglichkeiten.

Diese Erweiterung von Lernorten als Bestandteil formaler Bildung, die neben den traditionell eingebundenen Fächern für außerschulisches Lernen – etwa Biologie und Geographie – nun zunehmend mehr Fächer einbindet, lässt sich durch eine Reihe von Argumenten begründen.

¹⁵ <http://www.bmub.bund.de/themen/umwelthinformation-bildung/bildungsservice/grundsaeetze/>

¹⁶ S. Vortrag von H. Bottermann, Nachhaltige Entwicklung innerhalb Planetarer Leitplanken https://www.dbu.de/550artikel36989_2440.html zuletzt am 12.11.2017

Der Ozean der Zukunft – Ansätze für eine Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Der Themenkomplex Ozean bietet zahlreiche Ansatzpunkte für das Aufzeigen von Fragen, Modellen und Akteuren einer Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung und damit für die Erarbeitung der Sustainable Development Goals der UN sowie der Planetaren Leitplanken.

Das Ozean-Programm der Kieler Forschungswerkstatt „KiFo“ bietet auf einer ersten Stufe im ozean:labor Einblicke in aktuelle und grundlegende Forschungsbereiche des Exzellenzclusters Future Ocean, beispielsweise zu globalen und lokalen Stoffkreisläufen, zu Versauerung und Klimafolgen,

zu Fischerei und Ressourcennutzung und zu Müll im Meer (www.forschungs-werkstatt.de). Weiter ausgearbeitet wird derzeit der Fokus auf wissenschaftliche Erkenntnismethoden, hier insbesondere die experimentelle Simulation und die daraus resultierenden modellbasierten Vorhersagen, zum Beispiel zu Klimaentwicklungen oder zu Stoffkreisläufen in den Ozeanen und Meeren. Rückmeldungen zu den Laborbesuchen zeigen, dass dieses an reguläre Schulklassen gerichtete Laborangebot sehr positiv wahrgenommen wird und sich an vielen Schulen Besuche in der Kieler Forschungswerkstatt bereits regelhaft etabliert haben. Genauere Unter-



Abb. 3: Plastiksamling am Falckensteiner Strand in Kiel.

(Foto: Kieler Forschungswerkstatt)

suchungen zu Wirkungen auf Seiten der Lernenden und der Lehrkräfte stehen jedoch auch hier noch aus. Eine begleitende Forschungsarbeit aus dem Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) untersucht dazu aktuell das Verständnis der Schülerinnen und Schüler, bezogen auf die Fachinhalte und die Arbeitsweisen („Nature of Science“) sowie Fragen zu Vertrauen in Wissenschaft, Bedeutung von Wissenschaft und andere mehr im Vergleich von labor-experimentellen und Simulationsergebnissen.

Die schulische Einbettung von Besuchen in Schülerlaboren wird neben anderen als ein lernförderlicher Parameter herausgestellt (Schwarzer & Parchmann 2018), ebenso wie längerfristig angelegte Programme. Das ozean:labor der Kieler Forschungswerkstatt setzt an diesen Befunden mit verschiedenen Maßnahmen an: Es werden Unterrichtsmaterialien und Ausleihkisten für die Vor- und Nachbereitung angeboten. Schülerinnen und Schüler, die weiterführend Fragen zu einem nachhaltigen Umgang mit Meer und Küstenlandschaft bearbeiten und untersuchen möchten, können dies in einem Nachmittagsforscherangebot sowie ab dem kommenden Jahr im Netzwerk Schülerforschungszentren Schleswig-Holstein in der KiFo und an sechs Schulstandorten realisieren (s. Abb. 3).

Auf diese erste Wissens- und Forschungsbasis bauen nun Programme auf, die den Schritt in Richtung Handlungsbereitschaft oder gar einer transformativen Bildung anregen und unterstützen sollen. Die Teilnahme am internationalen Coastal Cleanup Day bietet die Möglichkeit, selbst einen aktiven Beitrag zur Reinigung von Strandabschnitten zu leisten; neben steigenden Teilnehmerzahlen sind dabei (leider!) auch wachsende Müllaufkommen zu verzeichnen.

Um dieses genauer zu bestimmen und damit zu einem besseren Verständnis über Verursachungen und Transportwege zu erhalten, tragen

Schülerinnen und Schüler in zwei Citizen Science- (bzw. Schülerforschungs-)Projekten dazu bei, systematische Erhebungen von Plastikmüllvorkommen an Küsten und an Flüssen zu realisieren. Das erste Projekt der KiFo wurde von einem Vorhaben angestoßen, in dem die gesamte chilenische Küste von Schülerinnen und Schülern nach wissenschaftlichen Verfahren und mit wissenschaftlicher Datenauswertung kartiert wird (<https://www.save-ocean.org/>). Die Schülerinnen und Schüler beider Länder können ihre Befunde in verschiedenen Regionen über eine Plattform austauschen und miteinander ins Gespräch kommen. Das zweite Projekt „Plastikpiraten“, das als Bildungsprojekt des Wissenschaftsjahres der Meere und Ozeane vom BMBF gefördert wird (<https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/mitmachen/junge-wissenschaftsinteressierte/plastikpiraten.html>), bindet Schulklassen in die Untersuchung von Flussufern ein; teilgenommen haben in den vergangenen beiden Jahren viele hundert Schulklassen. Angebunden an diese Citizen-Science-Projekte ist die empirische Untersuchung von Einstellungen und möglichen Wirkungen auf Seiten der Jugendlichen, beispielsweise ihre Selbstwirksamkeitserwartung.

Eine unterrichtliche Anbindung ist für die Thematik „Plastikmüll im Ozean“ problemlos möglich, das Thema Kunststoffe ist in vielen Lehrplänen vorgesehen und thematisiert üblicherweise neben den Vorzügen dieser „Werkstoffe nach Maß“ auch die damit verbundene Müllproblematik. Die skizzierten Angebote der KiFo zeigen folglich eine mögliche Erweiterung schulischer Grundbildung auch für andere Standorte auf, um zum einen Einblicke in aktuelle Forschung zu gewähren und entsprechende Konzepte zu disseminieren, und um zum anderen schrittweise Übergänge vom Wissen zu einem Handeln anzubahnen und zu unterstützen.

Insbesondere Schülerlabore bieten die Möglichkeit, durch mehr Zeit und andere Ausstattungen tiefergehende thematische fachliche Einblicke und Gelegenheiten für Bewertungsprozesse für gesellschaftliche Themen zu erhalten. Mit Blick auf viele der oben genannten Themen können beispielsweise die Rolle von Datenanalysen, modellbasierten Aussagen und politischen Entscheidungsfindungsprozessen ergänzend zu den in der Schule üblichen Verfahren herausgearbeitet werden. Gerade Schülerlaborangebote an Universitäten und Forschungseinrichtungen knüpfen an fachwissenschaftliche und fachdidaktische Forschungsarbeiten an, wobei derzeit die fach-inhaltliche Entwicklungsforschung zur Konzeption von Angeboten gegenüber einer systematischen empirischen Wirkforschung noch dominiert. Weiterhin stellen Schülerlabore einen Ort für die Dissemination durch die Einbindung von Schulen, der Lehrkräftebildung, von Programmen für die Öffentlichkeit sowie für die Nachwuchsentwicklung im Bereich zukünftiger Wissenschaft und Lehrkräfte dar.

Schülerlabore setzen somit an verschiedenen zentralen Herausforderungen an – wobei wie aufgezeigt zu betonen ist –, dass auch die Nachhaltigkeit dieser Angebote mit Blick auf tatsächliche Wirkungen (über die in der Regel vorhandene positive Wahrnehmung und breite Rezeption hinaus) ebenso untersucht werden muss. Für die Kluft zwischen der Entwicklung und Verfügbarkeit von Konzepten und Materialien für Nachhaltigkeitsbildungsthemen und -prozesse und deren Implementierung in den regulären Alltag von Schulen und Unterricht stellen sie womöglich eine bedeutsame Chance dar. Für den Themenbereich der Klimaentwicklung liegen beispielsweise seit den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts zahlreiche Konzepte und empirische Befunde vor, teils mehrfach und wiederkehrend belegt und verfeinert (z. B. Parchmann et al. 1995; Niebert 2009; Reinfried et al. 2010; Roßbegalle & Ralle 2014). Eine flächendeckende Aufnahme und eine regelhafte Umsetzung im Unterricht ist dennoch bis heute nicht zu beobachten – ein Grund

dafür könnte sein, dass dieses Thema ebenso wie andere zur Nachhaltigkeitsbildung nicht systematisch Bestandteil der Lehrkräftebildung sind und zudem auf verschiedene Unterrichtsfächer unabgestimmt verteilt sind. Schülerlabore können gerade durch fächergemeinsame Aus- und Fortbildungsangebote Knotenpunkte bilden, um den notwendigen Prozess der Implementierung zu unterstützen.

Auch die Herausforderung eines erfolgreichen Übergangs vom Wissen zum Handeln, die in zahlreichen Publikationen zur Gestaltungskompetenz, zur Bewertungskompetenz oder zu einer transformativen Bildung aufgezeigt wird (Singer-Brodowski 2016; Bögeholz et al. 2018), können Schülerlabore avisieren, indem sie Programme entwickeln, die solche Übergänge anregen und unterstützen, siehe Methodenbeispiel Seite 174 zum Thema Plastikmüll.

Die inhaltlichen Konzepte vieler Schülerlaborangebote orientieren sich dafür ebenso wie der Regelunterricht zunächst am Rahmenkonzept „Scientific Literacy“, im Sinne des Aufbaus einer (naturwissenschaftlichen) Grundbildung und des Aufzeigens von Zusammenhängen zwischen Schulfächern, den verschiedenen Fachwissenschaften und gesellschaftlichen Aufgaben und Prozessen (siehe z. B. die international etablierten Konzepte „Science – Technology – Society“ (STS) oder „socio-scientific issues“ (SSI), Solomon & Aikenhead 1994; Sadler 2010).

Für die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung beschreiben die ländergemeinsamen Bildungsstandards vier Kompetenzbereiche: den Erwerb und die Anwendung von Fachwissen, die Methoden und Verfahren der Erkenntnisgewinnung, den Bereich der Kommunikation sowie die Bewertungskompetenz. Letztere spielt für die Nachhaltigkeitsbildung eine besondere Rolle, da es hier nicht nur um das Identifizieren wissenschaftlich fundierter Aussagen und Argumente geht, sondern auch um das Abwägen von Werten, Normen und Erkenntnissen sowie um den Prozess der Urteilsfindung und -reflektion. Verschiedene Arbeitsgruppen haben sich in den naturwissen-

schaftlichen Fachdidaktiken mit der Untersuchung, Klassifizierung und Förderung dieser Fähigkeiten auseinandergesetzt (siehe Bögeholz et al. 2018) und zeigen neben Modellen immer auch Grenzen des schulisch Machbaren auf. Schülerlabore können hier eine Weiterführung bieten, wenn die Angebote gezielt mit der schulischen Grundbildung verknüpft sind. Scientific Literacy beschreibt als Bildungskonzept nur die Ziele über Facetten und Prozesse eines Wissensaufbaus, sie trifft keine Aussagen über die eigentliche Nutzung dieses Wissens beziehungsweise der darauf aufbauenden Kompetenzen. Handlungskompetenz, Gestaltungskompetenz, Bewertungskompetenz oder der jüngste Ansatz der Transformation verlangen neben den kognitiven Voraussetzungen auch Bereitschaft, Motivation und Situationen, um tatsächlich handeln zu können. Auch die Fähigkeit zum Perspektivwechsel, etwa von eigenen Werten zu gesellschaftlichen, ist hier zentral. Verschiedene soziologische und psychologische Modelle bieten Anregungen für eine weitere Untersuchung und Förderung tatsächlicher Entscheidungen und Aktivitäten (Bögeholz et al. 2018), die Schülerlabore anregen und fördern können (siehe Seite 162).

Die an Schülerlaboren erarbeiteten Themenbereiche sind breit aufgestellt und reichen von der Erarbeitung ökologischer, umweltbezogener Themen über Gebiete wie Gesundheit oder Ernährung bis zu technologischen und auf in die Zukunft gerichtete Entwicklungen. Sie thematisieren damit eine Reihe der oben angeführten Themenbereiche (Klimaziele, Artenschutzmaßnahmen, Rohstoffstrategien, landwirtschaftliche Düngekonzepte, Kunststoffeintrag in den Ozean, Landnutzungswandel, Umsteuerung der Energiesysteme hin zu erneuerbaren Energien) im Sinne der Sustainable Development Goals und der Planetaren Leitplanken, wie die Zusammenstellung ausgewählter Angebote in dieser Broschüre und viele weitere mehr zeigen. Das Methodenbeispiel auf Seite 174 zeigt den Übergang von vielfach eintägigen Schülerlaborbesuchen zu einem möglichen weiterführenden Engagement am Thema

Plastikmüll auf und bindet dabei ebenfalls die Lehrkräfteaus- und -fortbildung regelhaft ein.

Für die Weiterentwicklung solcher neuer Bildungsformate können Schülerlabore folglich eine besondere Rolle einnehmen, indem sie eine Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlicher und didaktischer Forschung bieten. Die „Übersetzung“ von interessanten Fachforschungsarbeiten in Bildungsangebote – grundlegend oder bezogen auf Schülerforschung oder gesellschaftliches Engagement – stellt keinen einfachen Prozess dar, ist aber etablierter Gegenstand fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (siehe z. B. das Sonderheft Chemkon 4/2017). Die Untersuchung von Wirkungen und Wirkbedingungen und darauf basierende Weiterentwicklungsprozesse sind ergänzend nötig, wenn aus Bildungsangeboten tatsächlich Prozesse einer transformativen Bildung werden sollen. Eine Multiplikatorenwirkung von Schülerlaboren sollte daher neben den Entwicklungen, den Umsetzungen und den Nachwuchsförderangeboten auch die Komponente der Wirksamkeitsuntersuchung als Kriterium von Nachhaltigkeitsbildung beinhalten.

Fazit und Ausblick

Die Zielsetzung einer nachhaltigen Entwicklung innerhalb Planetarer Leitplanken basiert auf der Grundannahme einer Entwicklungsmöglichkeit der menschlichen Lebens- und Wirtschaftsweisen auf der Erde im weitgehenden Einklang mit der Tragfähigkeit des Erdsystems, also innerhalb eines „sicheren“ Handlungsraums für die Menschheit. Es setzt ein verantwortungsvolles, reflektiertes, nachhaltigkeitsbewusstes und an mittel- und langfristigen Zielen orientiertes Handeln von relevanten Akteuren auf möglichst allen Ebenen voraus – global und lokal sowie in Hinblick auf die Gerechtigkeit zwischen heutigen und zukünftigen Generationen. Alle gesellschaftlichen Gruppen stellen dabei relevante Akteure dar: wie zum Beispiel Vertreter aus Wissenschaft, Bildung, Kommunikation, Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Bei aller Unterschiedlichkeit der Konzepte sowie ihrer Entstehungsprozesse führen die weltweiten Debatten um Planetare Leitplanken, die Belastbarkeitsgrenzen des Erdsystems sowie um die in der Agenda 2030 formulierten globalen Nachhaltigkeitsziele die bereits genannten Nachhaltigkeitsnarrative weiter:

1. das Narrativ der „Grenzen des Wachstums“, deren Überschreiten mit dem Risiko des Verlustes der Lebensgrundlagen für viele Menschen einhergeht.
2. das Narrativ eines „stummen, lebensfeindlichen Planeten“, auf dem Meeresspiegelanstieg, Extremwetterereignisse, Temperaturerhöhung, Korallensterben, Wüstenbildung, Verluste von Waldgebieten, massive Verluste an Biodiversität sowie Hunger, Krankheit und Tod für die Menschen drohen, quasi als systemische Fortschreibung des Narrativs eines „stummen Frühlings“.
3. aber auch das positive Gegennarrativ, die „Gestaltbarkeit der Zukunft durch den Menschen“ für eine nachhaltige, lebenswerte, gerechte und friedliche Zukunft. Dies impliziert die Verantwortung des Menschen als gestaltende Kraft im Sinne des Anthropozäns.

Erst wenn die Konzepte und die Narrative „integriert“ gedacht werden, also im Sinne einer „Nachhaltigen Entwicklung innerhalb Planetarer Leitplanken“, wird eine konsequent positive systemische Zukunftsperspektive deutlich, welche verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen verantwortliche Rollen zuweist. Es geht um nicht weniger als um die Gestaltung der Lebensstile und Produktionsweisen innerhalb eines sicheren „Handlungsraums“ für die Menschheit. Oder anders formuliert, es geht um die Gestaltung einer großen Transformation zur Nachhaltigkeit.

Für Bildungsmultiplikatoren in Deutschland wie die Akteure in Schülerlaboren – also insbesondere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Bildungsexpertinnen und Bildungsexperten aus nahezu allen Disziplinen – liefert diese Perspektive im Bereich Nachhaltigkeitsbildung zahlreiche interdisziplinäre Anknüpfungspunkte.

Literatur

- Bögeholz, S., Höfle, C., Höttecke, D. & Menthe, J., 2018. Bewertungskompetenz. In: Schecker, H., Krüger, D. & Parchmann, I. (Hrsg.). Theoretische Rahmung in der fachdidaktischen Forschung. Heidelberg: Springer Spektrum.
- BMUB (2017). Kompetenzbildung für Teilhabe und Gestaltung. <http://www.bmub.bund.de/themen/umweltinformation-bildung/bildungsservice/grundsaeetze/>
- BUND & Misereor (Hrsg.) (1996). Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- Bundesregierung, (2017). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/Nachhaltigkeit-wiederhergestellt/2017-01-11-nachhaltigkeitsstrategie.pdf?blob=publicationFile&v=20 (zuletzt am 23.09.17).
- Carson, R. (1962). Silent Spring. Boston: Houghton Mifflin.
- Carson, R. (2013). Der stumme Frühling. München: Verlag C. H. Beck.
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) (2016). Förderleitlinien.
- Eilks, I., Feierabend, T., Höfle, C., Höttecke, D., Menthe, J., Mrochen, M. & Oelgeklaus, H. (Hrsg.) (2011). Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht. Köln: Aulis.
- Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Chemieunterricht (2017). CHEMKON Sonderausgabe 24, 4/2017, Weinheim: WILEY-VCH.
- Geyer, R., Jambeck, J. R. & Lwa, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3, e1700782. <http://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>, (zuletzt am 29.01.18).
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Bormann, I. & de Haan, G. (Hrsg.) (2008). Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *In: Science.* 347, 2015, S. 768–771, unter https://www.iswa.org/fileadmin/user_upload/Calendar_2011_03_AMERICANA/Science-2015-Jambeck-768-71__2_.pdf (abgerufen am 05.01.2018).
- Koller, H.-C. (2012). Bildung anders denken, Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungskonzepte. Stuttgart: Kohlhammer.
- Leinfelder, R. (2013). Verantwortung für das Anthropozän übernehmen. In: Vogt, M., Ostheimer, J. & Uekötter, F. (Hrsg.) (2013). Wo steht die Umweltethik? Argumentationsmuster im Wandel. Beiträge zur

sozialwissenschaftlichen Nachhaltigkeitsforschung, Bd. 5. Marburg: Metropolis.

■ Meadows, D. H., Meadows, D., Zahn, E. & Milling, P. (1972). Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.

■ Michelsen, G. (2005). Handbuch Nachhaltigkeitskommunikation: Grundlagen und Praxis. München: oekom verlag.

■ Nationale Plattform für Nachhaltige Entwicklung (2017). Nationaler Aktionsplan Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Online Version. <https://www.bmbf.de/files/Nationaler%20Aktionsplan%20BNE%202017.pdf> (zuletzt am 24.10.2017).

■ Niebert, K. (2009). „Es wird wärmer, weil mehr Sonne auf die Erde scheint!“ Wie Lernende sich die globale Erwärmung vorstellen. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, 20 (111/112), 20–23.

■ Parchmann, I., Kaminski, B. & Jansen, W. (1995). Die Wärmeabsorption von Gasen – Voraussetzung für den „Treibhauseffekt“. CHEMKON 2(1), 17 ff.

■ Peters, U. (2014). Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung – Ein Überblick. In: Bellendorf, P., Bittner, A., Exner, V., Gruber, E., Peters, U., Pyhel, T. & Witte, U. (2014). Nachhaltigkeit gestalten. München: oekom verlag.

■ Radkau, J. (2013). Vorwort. In: Carson, R. (2013). Der stumme Frühling. München: Verlag C. H. Beck.

■ Reinfried, S., Rottermann, B., Aeschbacher, U. & Huber, E. (2010). Alltagsvorstellungen über den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung verändern – eine Voraussetzung für Bildung für nachhaltige Entwicklung. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften 32(2), 251–273.

■ Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., III, Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14(2): 32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

■ Roßbegalle, T. & Ralle, B. (2014). Treibhauseffekt und Co. im Chemieunterricht vermitteln – aber wie?!. In: Bernholt, S. (Hrsg.) (2014). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München (2013) (621–623). Kiel: IPN.

■ Sadler, T. (2011). Socio-scientific Issues in the Classroom – Teaching, Learning and Research. Dordrecht: Springer.

■ Schellnhuber, H.-J. (2015). Selbstverbrennung: Die fatale Dreiecksbeziehung zwischen Klima, Mensch

und Kohlenstoff. München: C. Bertelsmann.

■ Schwägerl, C. (2010). Menschenzeit: Zerstören oder gestalten? Die entscheidende Epoche unseres Planeten. München: Riemann.

■ Schwarzer, S. & Parchmann, I. (angenommen). Außerschulische Lernorte. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), Konkrete Fachdidaktik Chemie. Seelze: Friedrich Verlag

■ Singer-Brodowski, M. (2016). Transformative Bildung durch transformatives Lernen. Zur Notwendigkeit der erziehungswissenschaftlichen Fundierung einer neuen Idee. In: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik 39(1), 13–17.

■ Solomon, J. & Aikenhead, G. (Hrsg.) (1994). STS Education: International Perspectives in Reform. New York: Teacher's College Press.

■ Sontheimer, K. & Bleek, W. (1999). Grundzüge des politischen Systems in Deutschland. 11. Aktualisierte, Ausgabe, 178–179. München: Pieper.

■ Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Rayers, B. & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: Science Vol. 347, no. 6223 (online 15.01.2015).

■ UN (2015): Deutsche Übersetzung: http://www.bmbf.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf (zuletzt am 29.01.2018).

■ UN Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (1992). Agenda 21. Original Dokument in deutscher Übersetzung, online: <http://www.agenda21-treffpunkt.de/archiv/ag21dok/index.htm>

■ Vaupel, E. (2003). Vom Wundermittel zum Teufelszeug. Deutsches Museum, Kultur & Technik 1/2003, vgl. <http://www.deutsches-museum.de/verlag/kulturtechnik/archiv/27-jhrg-2003/> (zuletzt am 16.09.2017).

■ v. Weizsäcker, E. U. & Wijkman, A. (2017). Wir sind dran. Club of Rome: Der große Bericht. Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen. Eine neue Aufklärung für eine volle Welt. Gütersloh: Gütersloher Verlagshaus.

■ WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011). Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Hauptgutachten, Berlin. <http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2011-transformation/>

Kontakt

Ulrike Peters und Prof. Dr. Ilka Parchmann, siehe Seite 204.

Die Rolle der MINT-Umweltbildung im Kontext großer gesellschaftlicher Veränderungen

Armin Lude

Wir Menschen sind zum gestaltenden Faktor in der Erdgeschichte geworden, was Wissenschaftler bewogen hat das jetzige Zeitalter „Anthropozän“ zu nennen. Unserer Gesellschaft stehen große Veränderungen bevor. Welche Rolle spielt hier eine MINT-Umweltbildung, ein Bildungsansatz der sich – v. a. an Lernorten wie den Schülerlaboren – an MINT und nachhaltigkeitsrelevanten Fragestellungen orientiert? Dieser Frage geht der vorliegende Aufsatz nach. Hierzu wird zuerst vorgestellt, welches die „großen“ Umweltfragen sind und welchen Einfluss unsere Gesellschaft hat. Es folgt der Ansatz der Bildung für Nachhaltige Entwicklung und in welchem Zusammenhang damit die MINT-Bildung steht.

Die „großen“ Umweltprobleme

Das Anthropozän als Zeitalter des Menschen wurde v. a. von dem Wissenschaftler Paul J. Crutzen popularisiert (vgl. Dawson 2016). Wir Menschen sind zur gestaltenden Kraft geworden. Anders als im bisherigen Holozän kommen in jüngster Zeit neue globale Veränderungen hinzu, wie Plastik, Radionuklide, Pestizide und eine zunehmende Konzentration an Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre – um nur einige zu nennen (Waters et al. 2016). Dennoch ist das Anthropozän (noch) nicht als offizielles geologisches Zeitalter anerkannt.

Es gibt zwei Ansätze, die die drängenden globalen Umweltprobleme beschreiben. Dies ist zum einen der Ansatz der Planetarischen Leitplanken des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WGBU 2014) und zum anderen von Johan Rockström und Kollegen

der Ansatz der Planetary Boundaries (Planetarische Grenzen, Rockström et al. 2009). In Tabelle 1 sind die Ansätze zusammengestellt; sie unterscheiden sich nur leicht.

Tab. 1: Drängende globale Umweltprobleme

- ⊙ Verlust biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen
- ⊙ Freisetzung von Nitrat und Phosphor
- ⊙ Klimawandel
- ⊙ Ozeanversauerung
- ⊙ Land- und Bodendegeneration
 - Wasserverbrauch
 - Abbau der Ozonschicht
 - Verschmutzung der Atmosphäre
- ⊙ Gefährdung durch langlebige anthropogene Schadstoffe
- WBGU (2014): Planetarische Leitplanken
- Rockström et al (2009): Planetarische Grenzen

Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)

Die Umweltprobleme haben wir mit unserem Lebensstil verursacht, durch den wir unsere Bedürfnisse befriedigen. Nach der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission) soll eine nachhaltige Entwicklung die „Bedürfnisse der Gegenwart befriedigen ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“ (Hauff 1999). Hierzu beizutragen ist Ziel der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE).

Mit Lebensstilen verbunden ist auch die *Gerechtigkeit* zwischen den heute lebenden Menschen.

Hiermit verbunden sind Fragen nach *Generationen-Gerechtigkeit* und *Zukunftsfähigkeit* (Abb. 1).

Im Konzept der BNE sollen Zusammenhänge durch Inhalte, Methoden und Prinzipien verstehbar gemacht werden. Wie *umweltverträglich* ist unser Lebensstil? Soziale Fragen sind mit Fragen des Wirtschaftens und der Umwelt verflochten. Wie wir hier und heute *lokal* leben hat *globale* Auswirkungen, da es weltweite Vernetzungen gibt.

Die Teilnehmenden sollen sich dabei als Mitgestalter/innen erleben. Um den Umweltproblemen zu begegnen müssen wir *handeln*. Was wir tun sollte gemeinschaftlich, partizipativ bestimmt werden. Hierbei gibt es neben klassischen auch neue *Kooperationen*.

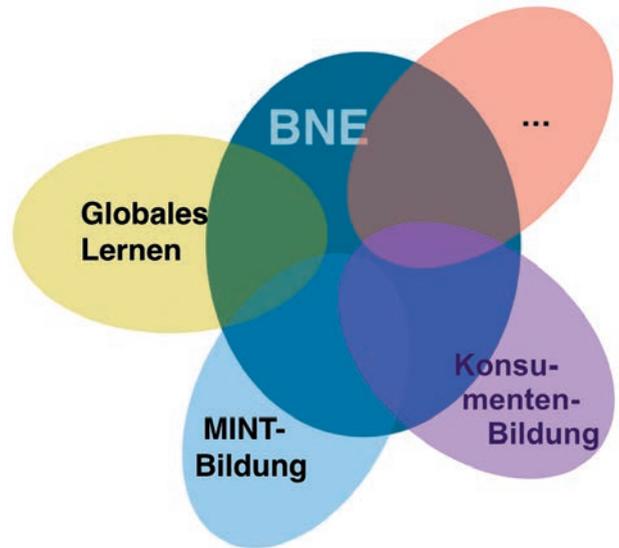


Abb. 2: BNE als integratives Konzept.

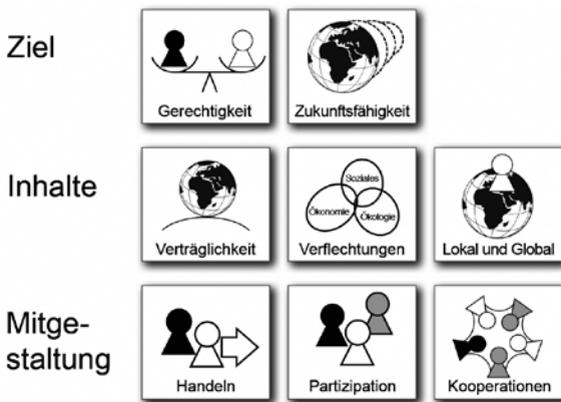


Abb. 1: Kriterien für eine BNE (erweitert nach Kohler & Lude 2012).

Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung ist ein Weg zur Lösung der globalen Umweltprobleme. BNE wird hierbei als übergreifendes und integratives Konzept verstanden. Verschiedene Disziplinen haben eine Schnittmenge mit BNE (Abb. 2).

Bildung für Nachhaltige Entwicklung ermöglicht

es jedem Einzelnen, die Auswirkungen des eigenen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen. Es geht also um die Gestaltung einer lebenswerten Gegenwart und Zukunft. Um zukunftsfähiges Denken und Handeln.

Für die Entscheidung, wie wir gestaltend tätig werden, müssen Beurteilungen vorgenommen werden. Hierzu müssen wir Problemfelder nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen, verschiedene Lösungsansätze bewerten und dann zu Handlungsentscheidungen kommen (de Haan 2008). Hierzu kann auch die MINT-Bildung beitragen. Dies wird nachfolgend hergeleitet.

MINT-Bildung

MINT steht für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Nachfolgende Ausführungen betreffen die Naturwissenschaften, die im Zentrum der Arbeit der Schülerlabore stehen¹. Die

¹ Zwar gibt es eine Kategorisierung der Schülerlabore mit Kriterien wie Zielgruppen, Ziele und Inhalten (Haupt et al. 2013), jedoch konnte keine Studie gefunden werden, die deren Angebote nach M, I, N oder T quantifiziert. Eine Abfrage in der Suchmatrix bei Lernort Labor nach den Begriffen (zuzüglich den einzelnen naturwissenschaftlichen Fächern) ergab die folgende Häufigkeitsreihung: Naturwissenschaft > Technik > Mathematik > Informatik, wobei die naturwissenschaftlich orientierten Schülerlabore die mit Abstand häufigsten waren.

Tab. 2: Die vier Kompetenzbereiche der Fächer Biologie, Chemie, Physik (nach KMK 2005 a-c)

Kompetenzbereich	Erläuterung
Fachwissen	Biologische / chemische / physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten kennen und den Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden (Beobachten, Vergleichen, ...) sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	Biologische / Chemische / Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Kultusministerkonferenz hat für die Naturwissenschaften vier Kompetenzbereiche definiert: Fachliches Wissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung (Tabelle 2).

MINT-Bildung und BNE

Der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Engagement Global 2016) hat die Kompetenzbereiche für BNE und globales Lernen unter drei Oberbegriffen subsummiert (erkennen, bewerten, handeln). Dieser Ansatz wurde auch in

der Synopse der unterschiedlichen Ansätze zur BNE von Lude & Overwien (2013) aufgegriffen.

Die Kompetenzbereiche (Tabelle 2) können in Beziehung gesetzt werden zu einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Wie oben ausgeführt, müssen Probleme einer nicht nachhaltigen Entwicklung erkannt werden – hierzu braucht es Fachwissen (naturwissenschaftliche Grundbildung) und Methoden der Erkenntnisgewinnung (Experimentieren...). Die Sachverhalte müssen dann bewertet werden. Und schließlich muss man sich gegenseitig

darüber austauschen und gemeinschaftlich (partizipativ) ein Vorgehen festlegen. Peters (2014) verwendet dafür den Begriff naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung.

Diese drei Oberbegriffe aus dem Orientierungsrahmen haben sich auch in Veranstaltungen des Autors als Dreischritt für die Entwicklung von Veranstaltungen zur BNE bewährt. Sie können als Planungswerkzeug genutzt werden, von (klassischer) Umweltbildung zu BNE zu gelangen. Beispielsweise werden Pflanzenarten bestimmt und kartiert (erkennen). Dann werden diese nach Kriterien bewertet und es wird diskutiert wie bspw. bedrohte Pflanzen durch Maßnahmen geschützt werden können (handeln).



Abb. 3: Kleeblattmodell der Zieldimensionen der Nachhaltigkeitsbildung (erweitert nach Langenhorst 2016)

Das Gesagte soll abschließend in einem Modell zusammengefasst werden. Hierfür eignet sich das Kleeblattmodell nach Langenhorst (2016, S. 71). Es setzt Zieldimensionen von Nachhaltigkeitsbildung, die in vielen Publikationen einzeln oder in Kombinationen erwähnt werden, in Beziehung zueinander (Abb. 3). Sie sind nach Stoltenberg (2011, S. 14) gegliedert in Wert(haltungen), Perspektiven (Sichtweisen), Wissen und Kompetenzen. Zum *Wissen* gehören Fachwissen, aber auch Orientierungs- und Handlungswissen. *Kompetenzen* umfassen Konzepte wie Gestaltungs- oder Schlüsselkompetenzen mit interdisziplinären Erkennen, Bewerten und gemeinsamem Handeln. Weitere Ansätze im Bereich der Nachhaltigkeitsbildung sind die Perspektiven wie Mensch-Natur-Verhältnisse und Partizipation oder der Ansatz der *Wertebildung* (Menschenwürde, Gerechtigkeit, Verantwortung, ...). Der Blattstiel des Kleeblatts „erdet“ die Zieldimensionen in der Lebenswelt der Menschen.

Literatur

- Dawson, A. (2016). *Extinction. A Radical History*. OR Books.
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Bormann I. & de Haan G. (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung*. VS Verlag.
- Engagement Global (Hrsg.) (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*, 2. Aufl. Cornelsen.
- Hauff, V. (Hrsg.) (1999). *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*, 2. Aufl. Eggenkamp Verlag
- Haupt, O. J. et al (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66 (6), S. 324-330
- KMK – Kultusministerkonferenz (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Luchterhand. Download: www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- KMK – Kultusministerkonferenz (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Luchterhand. Download: [.../2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf)
- KMK – Kultusministerkonferenz (2005c). *Bildungs-*

standards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Luchterhand. Download: [.../2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf)

- Kohler, B. & Lude, A. (Hrsg.) (2012). *Nachhaltigkeit erleben – Praxientwürfe für die Bildungsarbeit in Wald und Schule*, 2. Aufl. oekom.
- Langenhorst, B. (2016). *Wildnisbildung und nachhaltige Entwicklung. Theorie, Praxis und Evaluation am Beispiel des Projektes „Waldscout – Wildnisexpedition“*, *Bildung für nachhaltige Entwicklung*, Band 8. Kovac.
- Lude, A. & Overwien, B. (2013). *Bildung für nachhaltige Entwicklung und Biologische Vielfalt: Kriterienkatalog zu inhaltlichen und methodischen Rahmenelementen und Arbeitsformen für die Beratung und Unterstützung der Materialentwickler*. In: Lude & Scholderer (2014), *Nachhaltigkeit lernen rund ums Jahr – 20 Aktionstipps für die ganze Familie*. PH Ludwigsburg und NABU Baden-Württemberg, S. 158.
- Lude, A. & Scholderer, K. (Hrsg.) (2014). *Nachhaltigkeit lernen rund ums Jahr – 20 Aktionstipps für die ganze Familie*. PH Ludwigsburg und NABU Baden-Württemberg. urn:nbn:de:bsz:lg1-opus4-480.
- Peters, U. (2014). *Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung in Schülerlaboren*. *LeLa magazin* 10, 11/2014: 13-14. Download: www.lela-magazin.de/download/LeLa.magazin.No10.pdf.
- Rockström, J. et al. (2009). *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity*. *Ecology and Society* 14(2): 32. Download: www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
- Stoltenberg, U. (2011). *Werte im Konzept einer nachhaltigen Entwicklung*. In: Leuchtpol (Hrsg.), *Hier spielt die Zukunft*. Kinder. Werte. Klimaschutz. Leuchtpol, S. 10-17.
- Waters, C.N. et al. (2016). *The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene*. *Science* 351, 6269, DOI: 10.1126/science.aad2622
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung *Globale Umweltveränderungen* (2014). *Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken. Ein Beitrag zur SDG-Debatte*. Politikpapier Nr. 8. WBGU.

Kontakt

Prof. Dr. Armin Lude, siehe Seite 204

Der Artikel basiert auf einem Vortrag des Autors auf der „Woche der Umwelt“ (Fachforum 1: „MINT-Umweltbildung und Nachhaltigkeitsbewertung“, Berlin, 7.6.2016).

Konzepterstellung für eine Lehrerfortbildung zum Thema Wasser

Anke Renger, NaWiTex-Schülerlabore, Technische Hochschule Wildau

Wasser – Elixier des Lebens. Aber was genau bedeutet das eigentlich? Wasser ist viel mehr als nur eine Verbindung aus Sauerstoff und Wasserstoff. Wasser ist die Grundlage allen Lebens. Wir alle benötigen es nicht nur als Nahrungsmittel, sondern auch im alltäglichen Leben. Darüber hinaus ist Wasser eine wichtige Energiequelle und beeinflusst somit viele andere Wirtschaftsfaktoren. Schülerlabore, als außerschulische Lernorte, spielen als Multiplikatoren für die MINT-Umweltbildung zunehmend eine wichtige Rolle. Das Thema Wasser bietet somit einen guten Ausgangspunkt die sehr interdisziplinär angelegte MINT-Umweltbildung speziell in den Schulen noch mehr zu verankern. Im Rahmen der 12. LernortLabor-Jahrestagung in Würzburg wurde daher ein Workshop durchgeführt, der es Schülerlaboren ermöglicht, Lehrerfortbildungen zum Thema Wasser durchzuführen.

Der Seminarraum im NaWiTex-Schülerlabore der Technischen Hochschule Wildau ist vorbereitet. Die Tische sind zu fünf Stationen zusammengestellt. Das Material liegt bereit. Spontan haben sich noch einige zusätzliche Teilnehmer eingefunden, die den Workshop auch als gute Gelegenheit zum fachlichen Austausch nutzen wollen. Nach einer kurzen Begrüßung erfolgt eine kurze Vorstellungsrunde. Und schnell wird klar: die Workshop-Gruppe ist sehr heterogen. Es gibt Wissenschaftler aus verschiedenen Disziplinen, reine Projektkoordinatoren und Lehrer für unterschiedliche Klassenstufen und Fächer. Eine Gruppe, so vielfältig wie das Thema Wasser selbst.

Der Impulsvortrag „Wasser – Elixier des Lebens“ bietet einen guten Einstieg in das Thema und beleuchtet kurz das Vorkommen von Wasser auf der

Erde, die Zusammensetzung von Trinkwasser und Verunreinigungen im Wasser. Gleichzeitig gibt der Vortrag erste Einblicke in die Wasseranalytik. Im Anschluss wird das Konzept des Workshops erläutert. Die Teilnehmer sollen mit Hilfe des zur Verfügung gestellten Materials eine Lehrerfortbildung planen, die in ihrem Schülerlabor stattfinden könnte. Für die inhaltliche Strukturierung wurde eine Matrix vorbereitet, die durch die Teilnehmer mit verschiedenen Theorie- und Praxis-Bausteinen ausgefüllt werden soll. Die fünf Stationen beinhalten: 1.) Theorie I – Überblick und Einstieg ins Thema, 2.) Praxis/Experimente I – Experimente direkt zum Thema Wasser, 3.) Praxis/Experimente II – Medien/Digitalisierung, 4.) Praxis/Experimente III – themenübergreifende Experimente, 5.) Theorie II – Forschung & Wissenschaft. Das Material an allen Stationen kann sowohl für die Sekundarstufe I als auch II angewendet werden.

Bei der 1. Station geht es zunächst um einen guten Einstieg in eine Unterrichtseinheit. Es gibt verschiedene Möglichkeit der Präsentationsstruktur – Überblick, Schwerpunkt und Prozess (Abb. 1). Einen **Überblick** gibt man, indem man alle Unterthemen (T1) direkt mit dem Hauptthema verbindet, aber nicht untereinander. Jedem Unterthema werden dann passende Informationen (I1) zugeordnet. Somit erhält man mit verschiedenen Aspekten einen breiten Überblick über das Thema. Beim **Schwerpunkt** konzentriert sich die Struktur nur auf einen Themenpunkt. Diesem Schwerpunkt werden dann immer wieder neue Informationen zugeordnet. Diese Methode eignet sich gut, um Details zu einem bestimmten Punkt näher zu beleuchten. Bei einem **Prozess** verwandelt sich eine zugeordnete Information fortwährend in das nächste Thema mit

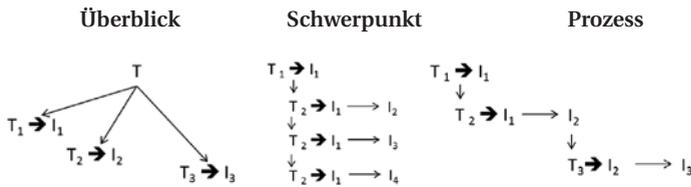


Abb. 1: Präsentationsarchitektur für den Einstieg in eine Unterrichtseinheit (nach *Jugend präsentiert*, 2016).

neuer Information. Hiermit lassen sich z. B. biologische Prozesse wie die Photosynthese strukturiert erklären.

In der Fortbildung können verschiedene Begriffe aus dem Themenkreis Wasser aufgegriffen und entsprechend der Vorlage dargestellt werden. Außerdem geht es an dieser Station darum, wie man inhaltlich einen guten Einstieg in ein Thema finden kann. Dies lässt sich in einer Fortbildung sowohl mit den Lehrkräften üben, als auch im Unterricht mit Schülern verwenden. Hierfür bereitet man verschiedene Themen vor, z. B. Wasserkreislauf, Meere und Ozeane, Medikamente im Wasser, Eutrophierung; u. a. Ziel soll es sein, sich anhand dieser Begriffe in ca. 5–10 Minuten einen Einstieg zu überlegen und den anderen vorzustellen. Das Feedback aus der Gruppe hilft den Teilnehmern, sich auf die wesentlichen Sachverhalte zu konzentrieren und sich besser zu strukturieren. Im Unterricht kann man dies z. B. nutzen, den Stoff der letzten Stunde kurz zu wiederholen. Bei der Fortbildung kann man diese Übung auch als Einstieg in den gesamten Workshop nutzen. Hierzu die Karten mit den Begriffen im Raum auf die Erde legen, was i. d. R. dynamischer ist, da die Teilnehmer sich bewegen müssen. Außerdem wurde Informationsmaterial für den Grundschul- (WBW, 2008), als auch den Sekundarbereich (BMU, 2011) zur Verfügung gestellt.

Die **2. Station** befasst sich mit Experimenten zum Thema Wasser. Verschiedene Beispiele zur Untersuchung von Gewässerproben, zur Wasserreinigung, zum Mikroskopieren o. a. werden kurz vorgestellt. Der Fokus liegt aber auf der wissenschaftlichen Herangehensweise an das Experimentieren.

Die **3. Station** befasst sich mit der praktischen Umsetzung von Medien und Digitalisierung in Bezug zum Thema Wasser. Viele Methoden eignen sich zur Visualisierung von wissenschaftlichen Sachverhalten. Im Rahmen der Medienbildung können diese sowohl für eine Lehrerfortbildung

als auch im Unterricht eingesetzt werden. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Erstellung von Erklär-Videos gelegt. Diese können den Lernprozess erleichtern und zur Vertiefung des Gelernten genutzt werden. Auf diversen Internetplattformen lassen sich gute Beispiele für Erklär-Videos mit unterschiedlichem fachlichem Niveau finden (z. B. Plattform von *Jugend präsentiert*). Die Erstellung von Powerpoint Präsentationen und Postern werden ebenfalls als Präsentationsformen vorgestellt. Insgesamt sollte man auf eine abwechslungsreiche Präsentation achten, die mehr als nur ein Format beinhaltet.

Die **4. Station** beinhaltet themenübergreifende Experimente, wie z. B. der Nachweis von Medikamenten-Rückständen im Wasser am Beispiel von Acetylsalicylsäure (GREULICH, 2010). Darüber hinaus lassen sich einfache Experimente wie der Salzgehalt von Meerwasser (vorher Wiegen, Verdampfen und nachher Wiegen) oder aber die Begriffe Auftrieb und Oberflächenspannung experimentell bestimmen.

Die **5. Station** bezieht sich auf Wissenschaft und Forschung, und ist eher für den Sekundarbereich geeignet. Es unterteilt sich in den Bereich selbstständige Recherche, Lesen wissenschaftlicher Texte, sowie Studien- und Berufsorientierung. Im ersten Abschnitte geht es darum, dass die Schüler lernen sollen, sich einen Überblick über ein Thema zu verschaffen, um somit einer konkreten Fragestellung mit wissenschaftspropädeutischem Bezug nachzugehen. Im zweiten Schritt geht es um verschiedene Lese-Methoden, um sich schnell einen Überblick über einen Text zu verschaffen (HOEBEL,

2013). Hierfür können die Lehrkräfte in der Fortbildung einen wissenschaftlichen Text erhalten, um diesen entsprechend der Lese-Techniken zu bearbeiten. Nach Möglichkeit sollte der Text auch für den Unterricht geeignet sein, um eine einfache Übertragung zu gewährleisten. Das Thema Wasser kann man auch zur Berufs- und Studienorientierung nutzen. Es gibt vielfältige Arbeitsaufgaben, die von verschiedenen Mitarbeitern diverser naturwissenschaftlich und technischer Disziplinen durchgeführt werden. Als Arbeitsauftrag kann man gemeinsam einen Überblick zu verschiedenen Berufsbildern erstellen und entsprechend verschiedene Inhalte dazu in 2–3er Gruppen recherchieren und anschließend vorstellen.

Im 2. Teil des Workshops erstellt die Gruppe dann ein Fortbildungskonzept zum Thema „Medikamente, Hormone & Co im Wasser“ (Tab. 1), das sowohl einen guten Einstieg ins Thema als auch praktische Anwendungsbeispiele auf Schulniveau der Sekundarstufe II bietet. Die Fortbildung besteht aus vier Bausteinen – ein Theorieblock zu Beginn und drei Workshop-Einheiten.

Der Theorieblock soll einen Überblick über die verschiedenen Workshop-Einheiten geben (LIEBMANN, 2015) (KÜSEL, 2015). Dies kann entweder durch das Schülerlabor-Team erfolgen oder durch einen Fachwissenschaftler. In den Workshop-Einheiten sollen drei Fragestellungen genauer untersucht werden. 1.) Molekularbiologischer Nachweis von Mikroorganismen in Gewässern 2.) Nachweis von Medikamenten-Rückständen im Wasser 3.) Einfluss von Hormonen auf Tiere und Pflanzen. Nach einer kurzen Pause geht es zum ersten Workshop Mikrobiologie/Molekularbiologie. Hier sollen die verschiedenen Stationen nacheinander bearbeitet werden. Dabei sollte aus Zeitgründen die PCR als Nachweis für Mikroorganismen am Anfang stehen. Darüber hinaus ist die Klassifizierung verschiedener Gewässer-Arten durch die Mikroskopie vorgesehen, ebenso wie der Ausstrich von Gewässerproben auf Nähragarböden zur Keimzahlbestimmung. Dies sollte einen Tag zuvor vorbereitet

werden, damit eine Auswertung stattfinden kann.

Nach der Mittagspause erfolgt der Workshop zu Medikamenten-Rückständen im Wasser. Hierzu werden Wasserproben z. B. mit Acetylsalicylsäure und Paracetamol angereichert und mittels Titration nachgewiesen. Eine kurze Einführung in verschiedene Methoden, sowie die Diskussion welche Auswirkungen Medikamenten-Rückstände haben können, ergänzen diesen praktischen Anteil.

Im Anschluss an eine kurze Pause erfolgt die Workshop-Einheit zu den Auswirkungen von Hormonen auf Lebewesen. Hierzu eignet sich der Große Wasserfloh (*Daphnia magna*). Mit Hilfe der Mikroskopie lassen sich die Auswirkungen von verschiedenen Hormonen oder hormonähnlichen Substanzen z. B. auf den Herzschlag sehr gut untersuchen. Abschließend werden die Ergebnisse der Fortbildung kurz zusammengefasst und Material ausgehändigt, um die Fachinhalte und Experimente in den Unterricht zu integrieren. Mit einer kurzen Feedbackrunde endet diese Lehrerfortbildung.

Weiterführende Quellen

- Jugend präsentiert (2016) Fortbildungsmaterial, <https://www.jugend-praesentiert.de/lehrer> (Letzter Aufruf: 19.01.2017).
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2011). WASSER IM 21. JAHRHUNDERT – Materialien für Schülerinnen und Schüler, Berlin.
- Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung mbh (WBW) (2008). Materialien Fließgewässer – Fächerverbund Mensch, Natur und Kultur <http://wbw-fortbildung.net/pb/,Lde/Home/Taetigkeiten/Publicationen+GWp.html> (Letzter Aufruf: 19.01.2017).
- GREULICH, P. (2010). Skript zum Praktikum „Arzneimittelanalytik“ im 8. Fachsemester Pharmazie, Universität Heidelberg http://www.uni-heidelberg.de/md/ipmb/chemie/studium/pharmazie/semester8/skript_zum_praktikum_8_semester_uni_hd_2_.pdf (Letzter Aufruf: 19.01.2017).
- LIEBMANN, B. (2015). MIKROPLASTIK IN DER UMWELT Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf, Umweltbundesamt GmbH, Österreich. <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0550.pdf> (Letzter Aufruf: 19.01.2017).
- KÜSEL, K. (2015) Lehrstuhl Aquatische Geomikro-

biologie, Institut für Ökologie, FSU Jena, Arbeitsskript
 Limnologische Geländeübung
[http://www.geomicrobiology.de/ioelimmedia/teaching/downloads+\(frei\)/Limnologische_Gel%20%80%9Ende%D0%83bung_BBGW4_5_SS2015-p-640.pdf](http://www.geomicrobiology.de/ioelimmedia/teaching/downloads+(frei)/Limnologische_Gel%20%80%9Ende%D0%83bung_BBGW4_5_SS2015-p-640.pdf)

■ HOEBEL, T. (2013). Wissenschaftliche Texte lesen.

Fakultät für Soziologie, Universität Bielefeld
http://www.uni-bielefeld.de/soz/ab3/wissenschaftlich-arbeiten/pdf/Hoebel2013-03-26_Wissenschaftliche_Texte_lesen.pdf

Kontakt

Dr. Anke Regner, siehe Seite 204.

Tab. 1: 1tägige Lehrerfortbildung: „Medikamente, Hormone & Co im Wasser“ für die Sekundarstufe II

TOP	Inhalt	Dauer	Verantwortlich
Begrüßung	<ul style="list-style-type: none"> • Begrüßung • Vorstellung des Workshop-Konzepts • kurze Vorstellung der Teilnehmer 	20 Min.	Schülerlabor-Team
Baustein 1 (Theorie)	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick zum Thema geben • Fragestellungen <ul style="list-style-type: none"> o Molekularbiologischer Nachweis von Mikroorganismen in Gewässern o Nachweis von Medikamenten-Rückständen im Wasser o Einfluss von Hormonen auf Tiere und Pflanzen 	60 Min.	Schülerlabor-Team oder Fachwissenschaftler aus dem Institut oder der Hochschule als Experte
Pause		10 Min.	
Baustein 2 (Praxis)	<ul style="list-style-type: none"> • Mikrobiologie / Molekularbiologie <ul style="list-style-type: none"> o Mikroskopie von verschiedenen Gewässern und Leitungswasser und Klassifizierung o Ausstriche von Wasserproben auf Nähragarböden zur Keimzahlbestimmung o PCR von Mikroorganismen im Wasser 	2 Std.	Schülerlabor-Team (ggf. Unterstützung durch Fachwissenschaftler)
Mittagspause		45 Min.	
Baustein 3	<ul style="list-style-type: none"> • Medikamenten-Rückstände im Wasser <ul style="list-style-type: none"> o Acetylsalicylsäure mittels Titration nachweisen (Methodenkenntnisse) o Nachweis von Paracetamol o Diskussion: Welche Auswirkungen haben Medikamentenrückstände auf Lebewesen? 	1 ½ – 2 Std.	Schülerlabor-Team (ggf. Unterstützung durch Fachwissenschaftler)
Pause		10 Min.	
Baustein 4	<ul style="list-style-type: none"> • Auswirkungen von Hormonen <ul style="list-style-type: none"> o Mikroskopie: z. B. bei Wasserflöhen unter Zugabe von verschiedenen Hormonen oder hormonähnlichen Stoffen den Herzschlag beobachten 	1 ½ – 2 Std.	Schülerlabor-Team (ggf. Unterstützung durch Fachwissenschaftler)
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassung der Fortbildung • Beantwortung der Fragestellungen • Lehrermaterial mitgeben 	10 Min.	Schülerlabor-Team
Abschluss-/ Feedbackrunde	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback zur Fortbildung • Verabschiedung 	10 Min.	Schülerlabor-Team

Zusammenfassungen der Workshops zur MINT.ub und MINT.nb

Olaf J. Haupt

Das Projekt, von dem hier unter anderem berichtet wird, hatte auch zum Ziel, ein Netzwerk der Schülerlabore in der MINT-Nachhaltigkeitsbildung aufzubauen und aktiv an den Inhalten und an der Qualitätssicherung der Angebote zu arbeiten. Dies wurde in insgesamt vier Workshops umgesetzt, deren Ergebnisse hier präsentiert werden.

WORKSHOP 1

Am 08. Juni 2015 wurde in Osnabrück der Einführungsworkshop zum Projekt durchgeführt. Eingeladen waren alle Schülerlabore im deutschsprachigen Raum und weitere außerschulische Lernorte, die zum Teil bereits von der DBU finanziell unterstützt worden waren. 47 Teilnehmer aus 32 Schülerlaboren sowie anderen außerschulischen Lernorten, Stiftungen und Verbänden nahmen die Einladung in das Zentrum für Umweltkommunikation an.

Das Projekt

Der Einführungs-Workshops hatte in erster Linie das Ziel, das Projekt denjenigen Schülerlaboren vorzustellen, die bereits Angebote im Bereich NTU (Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung) vorweisen. Es wurde umfassend über das Projekt informiert und es gelang, alle Anwesenden von der Teilnahme am Projekt überzeugen. Der Workshop wurde weitgehend ergebnisoffen konzipiert, da nur so eine breite Akzeptanz unter den Teilnehmern erreicht werden konnte. Diese Akzeptanz und das Gefühl der Netzwerkteilnehmer „dazu zugehören“ war zunächst für die anstehende Umfrage (die Ergebnisse lesen Sie ab Seite 10) und später für die gesamte Netzwerkarbeit wichtig.

Das Netzwerk

Als erstes Ergebnis der Workshops konnte somit die Gründung des Netzwerkes der Schülerlabore im NTU-Bereich gefeiert werden. Diese Gründung wurde explizit durch alle anwesenden Teilnehmer durchgeführt. LeLa wird dieses Netzwerk koordinieren, zunächst im Rahmen des vorliegenden Projektes, später in Eigenleistung.

Der Workshop hat den Teilnehmern einen guten Eindruck davon vermittelt, was in Schülerlaboren heute bereits im Bereich NTU, aber auch in der BNE (Bildung für Nachhaltige Entwicklung) angeboten wird. Andererseits wurde aber auch deutlich, dass es Klärungsbedarf in Bezug auf eine Definition des Begriffes NTU gibt. Einige Schülerlabore haben Angebote, die sie selbst bisher weder dem Begriff NTU noch dem Begriff BNE zugeordnet haben, aber wichtige Elemente von NTU bzw. BNE aufweisen. Erst der Workshop hat ihnen gezeigt, dass sie seit einiger Zeit genau in diesen Bereichen arbeiten. Es wurde offensichtlich, dass für das Netzwerk eine eindeutige und einheitliche Sprachregelung gefunden werden musste. Als Aufgabe für die Projektleitung wurde somit festgelegt, bis zum nächsten Workshop bei der kommenden LeLa-Jahrestagung (März 2016) die Begriffe genauer auf ihre Bedeutung hin zu untersuchen und den Netzwerkmitgliedern vorzustellen.

Sehr positiv wurde die Anregung aus dem Teilnehmerkreis aufgenommen, Angebote untereinander auszutauschen und ggf. unter gewissen Bedingungen auch anderen Schülerlaboren zur Verfügung zu stellen. Dafür bietet sich eine Lizenzierung an, wie sie im Bildungsbereich häufig vorkommt: Open Educational Resources (OER) sollen dabei helfen, für klare Absprachen zu sorgen.

Die Rolle der Lehrkräfte

Aus den Reihen der Teilnehmer kam ein weiteres Thema auf, das Gegenstand des vorliegenden Projektes war: Es wurde berichtet, dass sich Lehrer häufig aus Unsicherheit nicht zutrauen, Inhalte aus NTU oder BNE zu unterrichten. Hier setzte das Projekt an mit dem Ziel, ein Modul für eine Lehrerfortbildung im Bereich NTU zu entwickeln. Dieses kann in den Schülerlaboren helfen, den Lehrern das nötige Selbstvertrauen zu geben. Denn insbesondere die Kinder und Jugendlichen sind generell sehr an aktuellen Umweltthemen interessiert, wie die Erfahrung aus den Laboren zeigt. Lehrkräfte sollten davon profitieren (Seite 184 *Konzepterstellung für eine Lehrerfortbildung zum Thema Wasser*).

WORKSHOP 2

MINT-Umweltbildung

LeLa präsentierte das neugegründete fachliche Netzwerk auf seiner Tagung in einem zweiten Workshop mit dem Titel *MINT.ub* in Schülerlaboren. Mittlerweile wurde gemäß dem Beschluss der Netzwerkmitglieder der Begriff der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung (NTU) erweitert in MINT-Umweltbildung (*MINT.ub*) und mit einer Definition versehen, wie im einleitenden Kapitel nachzulesen ist. Das Programm sah vor, einen kurzen Überblick über die kürzlich beendete Umfrage zu MINT.ub-Angeboten in Schülerlaboren zu präsentieren, gefolgt von Beispielen guter Praxis aus den Schülerlaboren mit verschiedenen thematischen Schwerpunkten: Interdisziplinäres Arbeiten, Berufsorientierung, die besonderen Zielgruppen Mädchen und Bildungslandschaften sowie Regionalität von Umweltaspekten. Alle diese Schwerpunkte sind Bausteine für Themen zur Nachhaltigkeit und lassen sich in Schülerlaboren gut durchführen.

Kernfragen bei der Umsetzung

Im Anschluss an die Präsentation dieser „Best Practice“-Beispiele wurde herausgearbeitet, welche

Faktoren bei der erfolgreichen Umsetzung von Themen der MINT.ub im Schülerlabor eine besondere Rolle spielen. Folgende Kernfragen ergaben sich dabei:

Welche Methoden sind besonders geeignet für die Umsetzung von Umweltbildung und Themen zur Nachhaltigkeit?

Hier zeigte sich, dass die heute besonders in der BNE vermehrt eingesetzten Methoden des „Digital Story Telling“ (Menschen nutzen die neueren digitalen Werkzeuge, um ihre „Geschichte“ zu erzählen) und das Arbeiten mit Filmen und Comics auch im Schülerlabor genutzt wird. Weitere wichtige Methoden sind Rollenspiele und fundierte Einblicke in Berufe des MINT-Bereichs.

Sollten Schülerlabore Teil einer Bildungslandschaft sein und mit verschiedenen lokalen Akteuren zusammenarbeiten, weil nur auf diesem Weg Nachhaltigkeit entstehen kann?

Die Vernetzung der Schülerlabore mit anderen Organisationen, die sich in der MINT-Umweltbildung engagieren, wird generell als wichtig angesehen. Sie führt häufig zu einer Erhöhung der Sensibilisierung der Schüler für die Themen, erlaubt verschiedene Blickwinkel und gibt andere Antworten als es ein einzelner Akteur kann. Dabei können auch verständliche Einblicke in die global diskutierten großen Themen wie „Unsere gemeinsame Zukunft“ (Our Common Future, Brundtland-Bericht, 1987) oder „Planetarische Leitplanken“ (Planetary Boundaries, nach Rockström, 2009) ermöglicht werden.

Ist es notwendig, dass das ein Schülerlabor selbst Nachhaltigkeitskriterien erfüllt, und welche sind dies?

Schülerlabore müssen eine Vorbildfunktion erfüllen, um authentisch zu wirken. Nachhaltigkeitskriterien sollten also auch vom Labor erfüllt werden, sonst fällt es Schülern schwerer, eine eigene Motivation zum Umwelthandeln zu entwickeln.

WORKSHOP 3

Impulse von außen

Zum dritten Workshop *MINT-Umweltbildung (MINT.ub) in Schülerlaboren* lud LeLa die Schülerlabore am 14. Juni 2016 nach Osnabrück in das Zentrum für Umweltkommunikation der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ein. Der Workshop sollte die Kontakte unter den Netzwerkmitgliedern intensivieren und neue Inhalte vermitteln. Zwei Impuls-Vorträge, die MINT.ub bzw. den Übergang zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung von verschiedenen Winkeln beleuchteten, ein Vortrag mit Daten und Fakten aus der diesjährigen Umfrage zu den MINT.ub-Angeboten der Schülerlabore sowie eine moderierte Postersession bildeten die wesentlichen Programmpunkte des Workshops. Zum Schluss wurde über die weitere Workshoparbeit beraten und Perspektiven dieser Arbeit bis zur nächsten Jahrestagung diskutiert.

Begonnen wurde der Workshop mit einem Vortrag über „Transformative Literacy – Theoretische und praktische Perspektiven zum Lernen für die Transformation in Schülerlaboren“ von Dr. Mandy Singer-Brodowski (damals *Zentrum für Transformationsforschung und Nachhaltigkeit – TransZent, Wuppertal*; jetzt *Institut Futur, Freie Universität Berlin*). Die Referentin machte deutlich, dass große Transformation zu mehr Nachhaltigkeit stattfinden muss, und zwar „by design“ (also geplant) oder „by disaster“ (oder ungeplant). Experten sind sich darüber einig, dass es für die Zukunft der Menschheit dazu keine Alternative gibt. Häufig sind es plötzlich auftretende Ereignisse, wie z.B. Fukushima, die zu Aktionen für mehr Nachhaltigkeit führen, z.B. die Energiewende. Hierbei sind die eigentlichen Akteure die Techniker für Erneuerbare Energien, durch die die Innovationen entstehen. Sie sind die Pioniere des Wandels („Change Agents“). Diese trifft man



unter anderem in den Schülerlaboren, da dort, häufig im Kleinen, Ideen entwickelt und umgesetzt werden. Auch eignen sich die Schülerlabore sehr dafür, die Selbstwirksamkeit von Jugendlichen durch die eigenverantwortliche und kontextorientierte Arbeit zu fördern.

Mandy Singer-Brodowski erklärt, dass für BNE drei Arten von Wissen notwendig sind: Systemwissen, Zielwissen und Transformationswissen.

Das **SYSTEMWISSEN** bezieht sich auf mehr oder weniger komplexe Systeme, äußere Bedingungen oder kulturelle Zusammenhänge. Nicht-nachhaltige Probleme können dadurch erkannt werden. Nötig seien dafür auch interdisziplinäre Sichtweisen über die Funktion dieser Systeme. Als Beispiel nannte sie den Städtebau und darin das Phänomen, dass in manchen Städten Autofahrer offenbar keine Radfahrer „kennen“, also den Umgang mit ihnen nicht gewohnt sind. Darauf muss man bei der Planung von Verkehrsinfrastruktur, Nahverkehr etc. Rücksicht nehmen.

Das **ZIELWISSEN** entwickelt Visionen und fragt sich dabei, wie die Ziele erreicht werden können. Wie könnte beispielsweise eine nachhaltige Stadt aussehen? Hier werden Narrative als Antrieb für gesellschaftliche Veränderungen eingesetzt. Dazu gehört natürlich nicht nur das rein Technisch-Planerische, sondern vorher auch die Diskussion über unterschiedliche Werte mit den verschiedenen Interessensgruppen, Bevölkerungsschichten etc.

Das **TRANSFORMATIONSWISSEN** erfordert Verständnis für komplexe Wirkungen in Veränderungsprozessen der Gesellschaft. Lernprozesse können durch Realexperimente in den Systemen angeregt werden. Dadurch können Lösungen getestet und Methoden angepasst werden. Bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitsprojekten müssen also alle Aspekte von den Bedürfnissen der Menschen bis zu denen des Natur- und Umweltschutzes berücksichtigt werden.

Ein großer Fortschritt auf dem Weg der Transformation in den Schülerlaboren wäre, wenn die Schülerlabore vermehrt auch soziokulturelle Aspekte

in ihre Angebote einfließen lassen würden. Damit können Schülerlabore als Reallabor zur Verfügung stehen und ihre Ergebnisse deutlich stärker in die Öffentlichkeit, also in die Gesellschaft tragen. Als Beispiele nannte Singer-Brodowski, dass Ergebnisse, die von Jugendlichen in den Schülerlaboren erzielt wurden, auch von ihnen veröffentlicht werden sollten. Dass die Jugendlichen in der Bevölkerung Umfragen zu bestimmten von ihnen erzielten Ergebnissen oder Projekten durchführen könnten („Würden Sie ein Handy kaufen, das zwar teurer, aber besser zu recyceln ist als die heutigen?“). Oder dass Schülerlabore sich vermehrt an sogenannten Citizen Science Projekten beteiligen, bei denen die Bevölkerung sich aktiv an der Erforschung bestimmter Themen beteiligt. In diesem Sinne würden Schülerlabore Teil von Realexperimenten werden können, die für die Umsetzung der großen Transformation in außerschulischen Bildungseinrichtungen von Bedeutung sind.

Prof. Dr. Ilka Parchmann vom Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik – IPN, Kiel, setzte anschließend mit ihrem Vortrag „MINT.ub: Forschung, Bildung, Veränderung? Schülerlabore unter der (konzeptionell-empirischen) Lupe“ einen kritischen Höhepunkt im Workshop. Ihre zentrale Frage lautete, ob die Schülerlabore aus didaktischer Sicht wirklich besonders geeignet sind, MINT.ub zu vermitteln, wie es das Internetportal des Projektes www.mint-umweltbildung.de behauptet. Daraus leitet sie ab, welche Art von Bildung brauchen die Schülerlabore, um im Sinne der Nachhaltigkeit die Ziele der Agenda 2030 zu erreichen (http://www.bmz.de/de/ministerium/ziele/2030_agenda/)?

„Unter der (konzeptionell-empirischen) Lupe“ betrachtet seien viele Schülerlabore heute noch ein gutes Stück davon entfernt, MINT.ub optimal vermitteln zu können. Großes Entwicklungspotenzial kann man aber bei vielen Schülerlaboren voraussetzen. Besonders in einer stärkeren Vernetzung mit anderen Bildungspartnern (z. B. zu Bildungsregionen oder Bildungslandschaften) sieht sie große

Chancen. Vernetzung kommt nicht von ungefähr, sie muss gelernt werden. Hier sollte die Rolle jedes Einzelnen geprüft werden: Der Laborleiter, der Mitarbeiter, der Lehrkräfte. Erfolgreiche Konzepte müssten unbedingt weiter verbreitet werden.

Eine zentrale Frage in den Schülerlaboren sollte auch sein, welche Erwartungen die Lernenden mitbringen. Die in bisherigen Studien ermittelten Ergebnisse zum Interesse der Schüler seien in der Regel zu pauschal. Am IPN wird deshalb seit einiger Zeit ein differenziertes Modell verwendet (Hollande, Dirks), das weiter entwickelt wurde und am Schülerlabor „Kieler Forschungswerkstatt“ umgesetzt wird. Den dafür notwendigen adaptierten Fragebogen stellt Ilka Parchmann gerne auch anderen Schülerlaboren zur Verfügung.

Auch Ilka Parchmann sieht einen wichtigen Schritt der Weiterentwicklung der Schülerlabore darin, dass vermehrt soziokulturelle Aspekte in die Angebote einfließen. Dies ist in der Forschung heute schon vermehrt zu beobachten, in der Bildung aber in der Regel noch nicht angekommen. Sie berichtet aus einer Umfrage: Den Schülerinnen und Schülern ist durchaus bewusst, dass in einem Schülerlabor (meistens) keine echte Forschung betrieben wird. Aber gerade die Authentizität ist für die Motivation der Schüler wichtig. Wie also können die Labore authentischer werden? Die eingangs kritisch gestellte Frage nach der Eignung der Schülerlabore kann mit einem klaren „Ja, aber“ beantwortet werden: Schülerlabore müssen sich weiter entwickeln, um ihr Potenzial noch besser zu nutzen, das sie für die MINT-Umweltbildung mitbringen.

Diese Ergebnisse zusammen mit weiteren Aspekten aus diesem und den anderen Workshops haben maßgeblich zur Entwicklung der Handlungsempfehlungen im Projektverlauf beigetragen (siehe Seite 18).

Projektarbeit

Prof. Dr. Dr. h.c. Rolf Hempelmann gab in seinem Vortrag einen „Überblick über die Schülerlabore in

der MINT.ub“, bei dem er vor allem die Ergebnisse der Umfrage präsentierte. Von 338 angeschriebenen Schülerlaboren haben sich Verantwortliche aus 100 Schülerlaboren an der Umfrage beteiligt. Als besonders interessantes Ergebnis sei erwähnt, dass von den antwortenden Schülerlaborbetreibern etwa gleich viele für ihr Labor sagen, dass die MINT-Umweltbildung Teil des Labor-Konzeptes bzw. keine explizite Zielsetzung des Labors ist. 18 Prozent der letztgenannte führen aber Kurse zur MINT.ub durch, ohne dies auch für MINT.ub verortet zu haben. Die bevorzugten Fächer in den MINT.ub Angeboten spiegeln grundsätzlich die allgemeine Fächerverteilung in der Schülerlabor-Szene wider; Physik, Technik und Geowissenschaften zeigen aber erhöhte Anteile bei denjenigen Laboren, die MINT.ub im Angebot haben. Deutliche Unterschiede gibt es bei den Zielgruppen für MINT.ub Angebote. Hier sind die jüngeren Klassenstufen zum Teil bis zu 20% häufiger vertreten, als in der gesamten Schülerlabor-Szene. Auch kann man feststellen, dass die Schülerlabore mit entsprechenden MINT.ub-Angeboten diese in der Regel seit ihrer Gründung im Programm haben, es sich also nicht um einen aktuellen „Trend“ zu nachhaltigen oder Umweltthemen handelt. Dass auch Bildung für Nachhaltige Entwicklung bei den MINT.ub-Angeboten eine Rolle spielt, zeigt die Umfrage deutlich. Die Frage z. B., ob die Technikfolgenabschätzung thematisiert wird, beantworten ca. 80% der MINT.ub-Labore positiv, bei den anderen sind es nur ca. 2/3 positive Antworten. Die MINT.ub-Schülerlabore sind auch deutlich stärker in der gezielten Berufsorientierung für Umwelttechnologien engagiert als andere Schülerlabore. Weitere Ergebnisse der Umfrage wurden bereits im einführenden Kapitel ab Seite 10 beschrieben.

Die Vorträge warfen bei den Teilnehmern erwartungsgemäß einige Fragen und Wünsche auf. So wurde angemerkt, dass einige Schülerlabore gerne didaktische Unterstützung für die Ausarbeitung und Umsetzung ihrer Module bekommen würden. Diese steht aber in der Regel nur bei Schülerlaboren mit Anbindung an didaktische Institute zur

Verfügung. Hier sollte das MINT.ub-Netzwerk bzw. LernortLabor helfend eingreifen.

Auch der Begriff des Experiments bzw. des Experimentierens sollte, angeregt durch den Vortrag von Mandy Singer-Brodowski, in der Schülerlabor-Szene überdacht werden. Ebenso wie das Labor nicht unbedingt ein Raum mit Abzug sein muss (vergl. Reallabor), ist auch das Experiment nicht immer ein wissenschaftlicher Versuch, der in einem „Labor“ durchgeführt werden muss (vergl. Realexperiment). Hier sollten alle an einer Erweiterung der Begriffe mitarbeiten.

In vielen Schülerlaboren überwiegt das *rezeptive Experimentieren*, bei dem die didaktisch entwickelten Kurse oder Module von den Schülern in der Regel vollständig nach Anleitung durchgeführt werden oder das *geführt forschende Experimentieren*, bei dem die Schüler für die Lösung der Problemstellung genügend Informationsmaterial zur Verfügung gestellt bekommen. Die Teilnehmer regten an, dass man das Potenzial der Kinder und Jugendlichen noch besser nutzen sollte, indem man ihnen mehr

Freiheitsgrade lässt und die Art des Experimentierens daran anpasst. Dieser Vorschlag wurde allerdings kontrovers diskutiert, da einige Teilnehmer durchaus auch in kurzzeitigen Hands-On-Versuchen mit Anleitung schon einen deutlichen Vorteil gegenüber dem Frontalunterricht in der Schule sehen.

Der Bundesverband wird aufgerufen, verstärkt dahingehend zu arbeiten, dass die Schülerlabor-Besuche in die Lehrpläne aufgenommen werden, da alle außerschulischen Angebote das Problem der Institutionalisierung haben. Dies gilt besonders für die Schülerlabore in der MINT.ub und BNE.

WORKSHOP 4

Lehrerfortbildungen

Der 4. Workshop am 14.03.2017 auf der 12. LeLa-Jahrestagung in Würzburg hatte das Ziel, Module zur Lehrerfortbildung im Bereich der MINT.ub zu entwickeln. Hierzu wurden verschiedene Themen angeboten:



- **Wasser – Elixier des Lebens**

Schülerlabore, als außerschulische Lernorte, spielen als Multiplikatoren für die MINT-Umweltbildung zunehmend eine wichtige Rolle. Das Thema Wasser bietet einen guten Ausgangspunkt, die sehr interdisziplinär angelegte MINT-Umweltbildung speziell in den Schulen noch stärker zu verankern (Renger 2017).

- **Lehrer als Multiplikatoren für die Wissenschaftskommunikation eines Forschungsinstituts**

„Alternative Fakten“? Die Wissenschaftskommunikation kann sich etablierter Kommunikationswege bedienen, wenn es ihr gelingt, Lehrkräfte als Multiplikatoren für ihre Themen zu gewinnen. Schülerlabore in der MINT.ub spielen hier eine wichtige Rolle (Winkler 2017).

- **Erneuerbare Energien in der (Grund-)Schule**

Ein Ziel der MINT.ub im Sachunterricht ist es, Schüler „zur aktiven Mitgestaltung einer an den Prinzipien der ökologischen Verträglichkeit, wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und sozialen Gerechtigkeit orientierten Gesellschaft“ zu befähigen (Kelkel und Peschel, 2017)

Zusammenfassungen der drei Workshops wurden im *LeLa magazin* Nr. 18 (2017) veröffentlicht. Für den Workshop Wasser – Elixier des Lebens konnte inzwischen ein Modul für eine Lehrerfortbildung ausgearbeitet werden. Dieses finden Sie auf Seite 194.

WORKSHOP 5

Nachhaltig: MINT-Nachhaltigkeitsbildung

Die Projektarbeit hat in den drei Jahren eine inhaltliche Neuausrichtung erfahren. Begonnen mit der Zielgruppe der Schülerlabore in der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung, wurde schnell der gesamte MINT-Bereich eingeschlossen und der Begriff der MINT-Umweltbildung geprägt. Da sich aber heute nahezu keine Inhalte ohne Aspekte der BNE mehr in Angebote gießen lassen (siehe Seite 10)), wird von nun an der Begriff

MINT-Nachhaltigkeitsbildung für die weitere Netzwerkarbeit verwendet.

Eine kleine Konferenz am 24.11.2017 in Osnabrück bildete den Abschluss des Projektes – aber nicht der Netzwerkarbeit. Diese Konferenz stand ganz im Zeichen der Entwicklung von Handlungsempfehlungen für diejenigen Schülerlabore, die das Thema MINT-Nachhaltigkeitsbildung noch nicht im Programm haben.

Impulsvorträge von Ulrike Peters, DBU (*MINT-Nachhaltigkeitsbildung – Herausforderungen einer Welt im Wandel*), Prof. Dr. Reinhold Leinfelder, FU Berlin (*Die Erde wie eine Stiftung behandeln – Nachhaltigkeitsbildung im Anthropozän*) und Prof. Dr. Ingo Eilks, Universität Bremen (*Die Zukunft nachhaltig gestalten helfen – der Beitrag von Schülerlaboren*) gaben zudem einen herausragenden Überblick über die Herausforderungen in der Umweltbildung, wie sie auf die Schülerlabore zukommen. Die Zusammenfassungen dieser Vorträge lesen Sie bitte in eigenen Kapiteln in dieser Publikation:

- Ulrike Peters: *Von der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung*, Seite 150
- Prof. Dr. Reinhold Leinfelder: *Nachhaltigkeitsbildung im Anthropozän – Herausforderungen und Anregungen*, Seite 130
- Prof. Dr. Ingo Eilks, Universität Bremen: *Die Zukunft nachhaltig gestalten helfen – der Beitrag von Schülerlaboren*, Seite 142

Handlungsempfehlungen

Im Workshopteil der Konferenz wurden anschließend die im Projektverlauf entwickelten spezifischen Handlungsempfehlungen vorgestellt und zur Diskussion gestellt.

Teil 1. Moderation: Prof. Dr. Petra Skiebe-Corrette

Die Teilnehmer waren sich einig, dass es sehr empfehlenswert ist, für das eigene Schülerlabor ein Leitbild zu erstellen. Es veranlasst jede verantwortliche Person, das Konzept des eigenen Handelns zu überdenken und die Ziele des Schülerlabors zu reflektie-

ren. Auch schafft es Glaubwürdigkeit in der Außen-
darstellung. Wie es bereits 34 % der Schülerlabore in
der MINT.ub gemacht haben (siehe Seite 10), sollte
die MINT-Nachhaltigkeitsbildung in dieses Leit-
bild integriert werden. Jedoch reicht es nicht, die
MINT.nb alleine im Leitbild zu verankern, sie muss
sich auch sowohl in den Angeboten als auch in
den Strukturen und Abläufen des Schülerlabors
widerspiegeln. Das bedeutet, dass MINT-Nachhaltigkeitsbildung vom Schülerlabor und seinen Mitarbeitern vorgelebt werden sollte, um glaubwürdig und authentisch zu sein. Beispielsweise sollte sich bei den angebotenen Themen zur Verschmutzung der Meere durch Plastik das Labor bemühen, seinen eigenen Plastikmüll zu reduzieren. Ist der Klimaschutz Thema des Schülerlabors, könnte sich das Schülerlabor bemühen aktiv Energie zu sparen.

Teil 2. Moderation: Martina Parrisius

Es wurde weiterhin unterstrichen, dass die Schülerlabore mit einer Fülle an Experimenten BNE in den Angeboten bereits umgesetzt; dies ist auch ein eindrucksvolles Ergebnis der eingangs beschriebenen Umfrage. Dabei stehen die Angebote zu BNE oftmals gleichwertig neben den Schülerlaborangeboten ohne BNE- oder Nachhaltigkeitsbezug. Einige Teilnehmer unterstrichen dabei, dass der Bezug zum Alltag und eigenem Lebensumfeld von den Schülern oftmals nicht erkannt wird. Dieser wichtige Schritt wird dann durch die Betreuer des Schülerlabors ermöglicht. Nach den Erfahrungen der Konferenz-Teilnehmer wird die Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit der Schüler durch eine Bewusstseinsbildung und Erweiterung der Gestaltungskompetenz erreicht. BNE-Projekte können bei den Schülern zu einer Betroffenheit führen, die zum Verständnis der Gesamtproblematik der Fragestellung wichtig ist. Allerdings wird dabei eine gewisse „Schwere“ beobachtet, die es üblicherweise beim Experimentieren ohne den Nachhaltigkeits-Ansatz nicht gibt. Der Einschätzung „ich kann ja eh nichts ändern“ muss bewusst durch eine umfassende, begleitende Diskussionen entgegengewirkt werden:

„Ich bin betroffen – ich kann handeln – ich muss handeln“.

Teil 3. Moderation: Dr. Andreas Töpfer

Unter den Teilnehmern bestand Konsens darüber, dass Angebote zu Nachhaltigkeitsthemen grundsätzlich interdisziplinären Charakter haben und dass bei deren Bearbeitung ein monodisziplinärer Ansatz nicht zielführend sein kann. Insofern hat eine Handlungsempfehlung zur Interdisziplinären Arbeit für die Bearbeitung von Nachhaltigkeitsthemen eine grundsätzliche Relevanz. Hinsichtlich einer ganzheitlichen Betrachtungsweise ist immer davon auszugehen, dass Ganzheitlichkeit noch über interdisziplinäre Ansätze hinausreicht. Bei diesen Ansätzen ist eine Abkehr von der fachlichen/disziplinären Betrachtungsweise bei gleichzeitigem Übergang zu mehr kontextorientiertem Arbeiten notwendig. Dabei sollte die Betrachtung von Fragestellungen zu einem Thema aus verschiedenen Perspektiven heraus erfolgen. Dies kann beispielsweise unter Einbeziehung ökologischer, ökonomischer, gesellschaftlicher, kultureller, sozialwissenschaftlicher, politischer, geografischer, ethischer oder weiterer Aspekte erfolgen. In jedem Fall sollte eine möglichst vollständige, d. h. eben ganzheitliche Betrachtung angestrebt werden.

Zu den entwickelten spezifischen Handlungsempfehlungen lesen Sie bitte ein eigenes Kapitel ab Seite 18 in dieser Publikation.

Literatur

- Renger, A. (2017). Konzepterstellung für eine Lehrerfortbildung zum Thema Wasser. In: *LeLa magazin*, 18, 2017, S. 5-6.
- Winkler, H. (2017). Lehrer als Multiplikatoren für die Wissenschaftskommunikation eines Forschungsinstituts. In: *LeLa magazin*, 18, 2017, S. 7.
- Kelkel, M. und Peschel, M. (2017). Erneuerbare Energien in der Schule – Lehrerfortbildung in der MINT-Umweltbildung. In: *LeLa magazin*, 18, 2017, S. 8.

Übersicht der Best Practice-Beispiele in MINT.nb Schülerlaboren

Nachfolgend erhalten Sie eine Übersicht von Best Practice-Beispielen zur MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren. Einige der Beispiele sind detailliert in diesem Buch beschrieben worden, Sie finden diese auf der in der letzten Spalte der Liste angegebenen Seite.

Auch auf dem Internetportal zum Projekt werden die Beispiele zu finden sein, die QR-Codes verweisen auf den entsprechenden Link. Die Online-Liste wird stetig ausgebaut werden, schauen Sie regelmäßig vorbei unter <https://www.mint-nachhaltigkeitsbildung.de>

Name des Schülerlabors	Titel des Experiments/Moduls/Projektes	Biologie	Chemie	Physik	Technik	Mathematik	Informatik	Geowissenschaften	Geisteswissenschaften	Thema	Internet	Seite	
Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor	Abwasserreinigung	○	○	○	○					Experiment zur Trennung eines Stoffgemisches (Abwasser: Wasser, das gelöste und ungelöste, organische und anorganische Stoffe enthält) im Themenkomplex „Stoffkreisläufe“.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/AgnesPockels-Abwasser		
Agnes-Pockels-SchülerInnen-Labor	Nachhaltigkeit	○	○	○						Modul zu Stoffkreisläufen: Wasser, Kohlenstoff, Recycling. Das Modul ist gesellschaftsrelevant und kann gut verknüpft werden mit Unterrichtseinheiten in Politik und Erdkunde.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/AgnesPockels-Nachhaltig		
Chemol ²	Chemiebezogene Umweltschutzberufe		○							Modul zur Berufsorientierung: Durch anthropogene Einflüsse verursachte Umweltprobleme haben in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Berufsbilder im Umweltschutz hervorgerufen.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/Chemol2		52
dEIn Labor	Windrad-Dynamo			○			○			Experiment zu einer Fahrradbeleuchtung aus Windenergie: Erforschung der Grundzusammenhänge bei Erneuerbaren Energien, Wechselwirkungen erneuerbarer Energiequellen mit Speichertechnik.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/dEInLabor-Windrad-Dynamo		28
dEIn Labor	Farbstoffsolarzelle	○	○	○		○				Modul zum Kennenlernen eine neuen Methode zur Energiegewinnung, die noch erforscht wird: Wie nutzt man Sonnenlicht zur Erzeugung von elektrischer Energie mit Hilfe von Farbstoffsolarzellen?	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/dEInLabor-Farbstoffsolar		
dEIn Labor	Virtuelles Kraftwerk			○		○	○			Modul zum Modellieren, Simulieren und Anpassen virtueller Kraftwerke. Das Simulationsmodell verlangt die Beschäftigung mit Energieerzeugern und -verbrauchern und mit Netzeigenschaften.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/dEInLabor-Kraftwerk		
DLR School_Lab Bremen	EDEN for Kids	○	○	○				○	○	Experiment zur Erforschung des idealen Pflanzenwachstums in Wachstumskammern zur Vorbereitung des Pflanzenanbaus im All oder als Grundlage in „vertical farms“ oder Pflanzencontainern.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/DLR_School_Lab-Eden		32
EcoLab (NaWiTex)	Medikamentenrückstände im Wasser	○	○							Modul zur Untersuchung von künstlichen Gewässerproben, die verschiedene Szenarien in der Natur darstellen, mit anschließender Simulation der benötigten Reinigungsschritte.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/EcoLab-Rueckstaende		56
EnergyLab	Treibhauseffekt	○	○	○				○		Experiment zum Einfluss von Treibhausgasen auf die Erderwärmung. Änderungen wie höhere Temperaturen im Winter und Starkwetterereignisse werden analysiert, Ursachen und Wirkungen erforscht.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/EnergyLab-Treibhauseffekt		

Name des Schülerlabors	Titel des Experiments/Moduls/Projektes	Biologie	Chemie	Physik	Technik	Mathematik	Informatik	Geowissenschaften	Geisteswissenschaften	Thema	Internet	Seite
ExperimentierKüche	Prima: Klima!?	○	○		○					Modul mit insgesamt 16 verschiedenen Experimenten zu Aspekten der nachhaltigen Chemie: Klima, Wasser, Energie, Umweltschutz.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/ExperimentierKueche-Klima	 60
Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX	Das Rätsel um die Wanderung der Wasserflöhe	○								Experiment mit dem „Modellorganismus“ Daphnia magna u. a. zur Prüfung der Wasserqualität. Die Arbeit mit lebenden Organismen zählt zu den wichtigsten Primärerfahrungen im Biologieunterricht.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/FLOX-Wasserfloehe	 100
explorhino	Planspiel „Leichtbau“	○	○	○	○			○		Projekt zur Durchführung eines Planspiels zum Thema Leichtbau, darin integriert technisches Zeichnen, unternehmerisches Denken und Bildung für Nachhaltige Entwicklung.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/explorhino-Leichtbau	 104
FLEX – Freilandlabor	Freilandlabor mit Experimentierfeld	○	○							Projekt in der Natur – für die Natur: Thematisierung der Endlichkeit von Ressourcen und grundlegender Aspekte nachhaltigen Handelns auf der Basis stofflicher Betrachtungen.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/FLEX-Freilandlabor	 64
FreiEx	Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit – Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler	○	○	○	○					Projekt mit dem Ziel, möglichst viele Schüler gemäß ihren Lernvoraussetzungen zu erreichen, dabei insbesondere auch solche zu fördern, die Nachteile in ihrer Bildungsbiographie erlebt haben.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/FreiEx-Bildungsbiographie	 108
Freilandmobil	Bodendegradation	○	○	○				○		Modul zur Degradation der Böden durch verschiedene Einflüsse. Drei Experimente thematisieren die Endlichkeit von Ressourcen und grundlegende Aspekte nachhaltigen Handelns.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/Freilandmobil-Boden	 68
Geco-Lab beurteilen lernen – ReKli:B	Regionalen Klimawandel	○	○							Projekt mit dem Ziel, mit Schülern nachhaltige Anpassungsstrategien an die regionalen Folgen des Klimawandels zu erarbeiten. Dazu gehört u. a. auch die Förderung der Beurteilungskompetenz.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/Geco-LabReKliB	 72
Geysir.info gGmbH	Heiß und kalt – Geysire		○	○				○		Modul zu natürlichen Vorkommen, Herstellung und Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid CO ₂ .	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/GeysirInfo-Geysire	 76
Gläsernes Labor	Energiewende in Schülerhände		○	○						Modul zur Energiewende in Deutschland, einer nachhaltigen Energieversorgung mit erneuerbaren Energien.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/GlaesernesLabor-Energie	 72
Gläsernes Labor	Superkondensatoren – Goldcap		○	○						Experiment zur Speicherung von Bremsenergie (Rekuperation) mit Hilfe eines Superkondensators (Goldcap).	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/GlaesernesLabor-Goldcap	 72
GOFEX	Erneuerbare Energien			○	○					Projekt zur Implementierung des Themas Erneuerbare Energien in der Schule.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/GOFEX-ErneuerbareEnergien	 72
iPhysicsLab	iNature	○	○	○			○			Modul zur Technisierung der Gesellschaft. Experimentelle Umweltbildungsangebote in Schülerlaboren unter Entwicklung und Verwendung neuer Smartphone-Experimente.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/iPhysicsLab-iNature	 76
JuLab	Berufsfindungspraktikum „Jülich bewegt“			○	○					Modul zur Berufsfindung im Themenkomplex Brennstoffzelle: Vom Bau eines Modellautos, über Experimente mit Brennstoffzellen bis zur Arbeit mit Azubis, Industriemechanikern und Ingenieuren.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/JuLab-Bewegt	 72
JuLab	Experimentiertag Boden	○	○	○				○		Modul zur Komplexität des Bodens und den Einflüssen des Menschen sowie zum nachhaltigen Schutz des Bodens anhand ausgewählter physikalischer, chemischer und biologischer Eigenschaften.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/JuLab-Boden	 72

Name des Schülerlabors	Titel des Experiments/Moduls/Projektes	Biologie	Chemie	Physik	Technik	Mathematik	Informatik	Geowissenschaften	Geisteswissenschaften	Thema	Internet	Seite	
JuLab	Experimentiertag Biotechnologie	○	○					○		Modul zur Untersuchung, welche Ausgangsstoffe für eine bioökonomische Ethanolproduktion sinnvoll sind und zur Herstellung von Bio-Ethanol.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/JuLab-Biotechnologie		
JuLab	Experimentiertag Brennstoffzelle		○	○						Modul zur Funktionsweise verschiedener Brennstoffzellen. Untersuchung der Wirkungsgrade von Polymerelektrolyt- und Direktmethanolbrennstoffzelle.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/JuLab-Brennstoffzelle		
JuLab	Forscherwoche Energie		○	○	○					Projekt zu verschiedenen Energiequellen: Radioaktivität, Brennstoffzelle, Photosynthese, Photovoltaik.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/JuLab-Energie		
JuLab	Energiewende erforschen		○	○	○					Projekt zum Thema Energie: Selbstständige Versuche zur Stromerzeugung, zu Windkraftanlagen, Solarzellen, Wärmedämmung und vielem mehr.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/JuLab-Energiewende		
Kieler Forschungswerkstatt	Expeditionslernen an der Ostseeküste	○	○	○				○		Projekt mit dem Ziel, mit Expeditionen bei Schülern ein Bewusstsein für die Umwelt zu schaffen, ihr Systemverständnis zu fördern und einen Einblick in wissenschaftliches Arbeiten zu vermitteln.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/KiFo-Expeditionslernen		116
Kinderforscherzentrum HELLEUM	Müll macht's	○		○	○	○			○	Modul zum Thema Recycling. Bearbeitung von Themen wie Nutzung nachwachsender Rohstoffe, regenerative Energien, Recycling, Ressourcenmanagement und Umweltverschmutzung.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/HELLEUM-Muell		
Kinderforscherzentrum HELLEUM	Tüfteltruhen	○	○	○	○	○	○	○	○	Projekt eines mobilen Umweltbildungsangebots für fünf- bis zwölfjährige Kinder in Kindertagesstätten und Schulen nach den Prinzipien der Lernwerkstattarbeit und der Methode der Forscherdialoge.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/HELLEUM-Tuefteltruhen		112
KITZ.do	Zukunft Kunststoffe		○	○					○	Modul zum Werkstoff Kunststoff und seinen Verwendungsmöglichkeiten. Untersuchungen zur Langlebigkeit und dem Verbleib in der Umwelt sowie zu Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/KITZdo-Kunststoffe		80
MExLab ExperiMINTe	GirlsGo4Green	○	○	○	○	○	○	○	○	Projekt um Mädchen über einen die sozialen und kommunikativen Fähigkeiten integrierenden und somit ganzheitlichen Ansatz anzusprechen. Förderung eines starken MINT-bezogenen Selbstkonzepts.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/MExLab-GirlsGo4Green		120
MExLab Physik	Ist das noch Wetter oder schon Klima?!		○	○					○	Modul zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Wetter und Klima. Durch den Alltagsbezug werden die Teilnehmenden motiviert sich mit umweltrelevanten Fragestellungen auseinander zu setzen.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/MExLab-WetterKlima		
NanoBioLab	Celluloseverarbeitung mit Ionischen Flüssigkeiten		○		○					Experimente zu Ionischen Flüssigkeiten (ILs) als neuartigen Lösemitteln für Biomasse, insbesondere Cellulose. Bewertung des Verarbeitungsprozesses von Cellulosefasern und -folie mit ökologischem Fokus.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/NanoBioLab-Cellulose		36
NanoBioLab	Nachhaltige Mehrphasenkatalyse mit Ionischen Flüssigkeiten		○		○					Experiment zur nachhaltigen Chemie am Beispiel Ionischer Flüssigkeiten als Katalysator, Lösemittel und wasserentziehendes Mittel in einer flüssigen Mehrphasenkatalyse.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/NanoBioLab-Katalyse		
NatLab	„Seltene Erden“		○							Modul zum nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen am Beispiel der Elementgruppe, die Bestandteil vieler moderner Konsumgütern ist.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/NatLab-SelteneErden		84
Noctalis	„Aus die Maus“ – SOKO-Fledermaus ermittelt	○			○				○	Modul zur Fragestellung: Wir kam die Fledermaus zu Tode? Auseinandersetzung mit der eigenen Lebensführung und Weitergabe der Inhalte der Agenda 21 an Kinder als zukünftige Entscheidungsträger.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/Noctalis-SOKOFledermaus		

Name des Schülerlabors	Titel des Experiments/Moduls/Projektes	Biologie	Chemie	Physik	Technik	Mathematik	Informatik	Geowissenschaften	Geisteswissenschaften	Thema	Internet	QR-Code	Seite
Offene Jugendwerkstatt Karlsruhe	Molekulare Bindekräfte in Verpackungen		○	○	○					Experiment zur Problematik der Verpackungen von Lebensmitteln: Beeinflussung der Produkteigenschaften durch die Verarbeitung von Kunststoffen, intelligentes Recycling, ganzheitliche Bilanzierung.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/OJW-Bindekraefte		
Offene Jugendwerkstatt Karlsruhe	Weichmacherwanderung in Kunststoffen		○	○	○					Experiment zu Molekülstrukturen in Kunststoffen mit Diskussion des „Ansehens“ von Kunststoffen, denn Kunststoffe sind Lebensretter, Komfort-Werkstoffe, Schutzmaterialien, Energiesparer uvm.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/OJW-Weichmacher		
Physlab	Smart Grid und Klimawandel	○	○	○			○			Modul zu den Hintergründen der Erderwärmung und der Verwendung von regenerativen Energieformen am Beispiel des Themenfeldes „Smart Grid“ (Intelligentes Stromnetz).	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/Physlab-SmartGrid		88
Saarlab-Netzwerk	Sieben-Labore-Tour	○	○	○	○			○	○	Einwöchiges Wissenschaftscamp mit Experimentalangeboten in 7 Schülerlaboren sowie ethischer Reflexion zum Thema MINT-Umweltbildung.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/Saarlab-SiebenLaboreTour		92
Schülerlabor NAWI	Solarboot			○	○					Experiment zu Konzeption und Bau eines Solarboots. Dabei werden Fragestellungen zu Solarzellen und Elektromotoren sowie zum Bootskörper untersucht. Modul zu gesellschaftsrelevanten	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/NAWI-Solarboot		40
Science Lab UZH	Von der Datenerhebung zur politischen Entscheidung	○	○	○		○	○	○		Fragestellungen. Lernen, wie wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen und anschliessend in Wirtschaft und Politik aufgegriffen und umgesetzt werden.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/ScienceLab-Datenerhebung		96
solaris Jugend- und Umweltwerkstätten	Solaris-Cup	○		○	○					Projekt zu einem Wettbewerb, um bei Jugendlichen durch eigenes Bauen und Probieren Neugier und Interesse an Naturwissenschaft und Technik zu wecken und zu stärken.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/solaris-SolarisCup		124
solaris Jugend- und Umweltwerkstätten	Lärm	○		○						Modul um Kinder und Jugendlichen für Lärm (störende Geräusche), dessen Entstehung, negative Folgen für die gesamte Umwelt sowie dessen Vermeidung zu sensibilisieren.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/solaris-Laerm		
teutolab-biotechnologie	Artenvielfalt erkennen – Barcoding von Orchideen	○	○			○	○			Experiment zur Biodiversitätskonvention mit Hilfe des DNA-Barcodings von Orchideen. Wichtiger Schritt bei der Sicherung der biologischen Ressourcen für künftige Generationen.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/teutolabBiotech-Barcoding		44
TUMlab im Deutschen Museum	Aus der Forschung zur Schülerpraxis: Arbeiten mit dem Modell eines Schachtwasserkraftwerks	○		○	○					Experiment zur „Erzeugung“ von Energie durch Wasserkraft bei gleichzeitigem Schutz der Natur anhand des Modells eines patentierten Schachtwasserkraftwerks.	www.mint-ub.de/gutes_beispiel/TUMlab-Wasserkraftwerk		48

Kontakte

Prof. Dr. Reinhold Leinfelder

Arbeitsgruppe Geobiologie und Anthropozänforschung
Institut für Geologische Wissenschaften
Freie Universität Berlin
Malteserstr. 74–100
12249 Berlin
reinhold.leinfelder@fu-berlin.de
www.reinhold-leinfelder.de

Prof. Dr. Ingo Eilks Christian Zowada Dr. Antje Siol

Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
– Chemiedidaktik/Schülerlabor FreiEx
Leobener Str. NW2, 28359 Bremen

Prof. Dr. Dr. h.c. Rolf Hempelmann Dr. Johannes Huwer

Universität des Saarlandes
Lehrstuhl für physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Arbeitsgruppe für Didaktik der Chemie und
Schülerlabor NanoBioLab
Campus B 2.2, 66123 Saarbrücken

Prof. Dr. Armin Lude

Pädagogische Hochschule, Ludwigsburg
Institut für Naturwissenschaften und Technik
Reuteallee 46, 71634 Ludwigsburg
lude@ph-ludwigsburg.de
www.ph-ludwigsburg.de/wp/lude/

Ulrike Peters

Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2, 49090 Osnabrück

Prof. Dr. Ilka Parchmann

Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62, 24118 Kiel

Dr. Anke Renger

Dipl. Biologin/Wissenschaftsmarketing, M.Sc.
– freiberuflich –
info@bcc-renger.de
www.bcc-renger.de

Impressum

Besuchen Sie uns im Internet unter
www.mint-nachhaltigkeitsbildung.de

Herausgeber

LernortLabor –
Bundesverband der Schülerlabore e.V.
Sitz des Bundesverbandes: Berlin
Geschäftsstelle:
Tentenbrook 9 – 24229 Dänischenhagen
t. + 49 (0) 4349-7992971
e. office@lernortlabor.de
w. www.lernortlabor.de

© LernortLabor, 2018
ISBN 978-3-946709-02-2

Redaktion: Olaf J. Haupt, Richard Bräucker, Benjamin Brück, Fred Engelbrecht, Rolf Hempelmann, Beat Henrich, Andreas Kratzer, Martina Parrisius, Petra Skiebe-Corrette, Andreas Töpfer

Gestaltung: Ulrike Heinichen

Druck: WIRmachenDRUCK GmbH

Fotos:

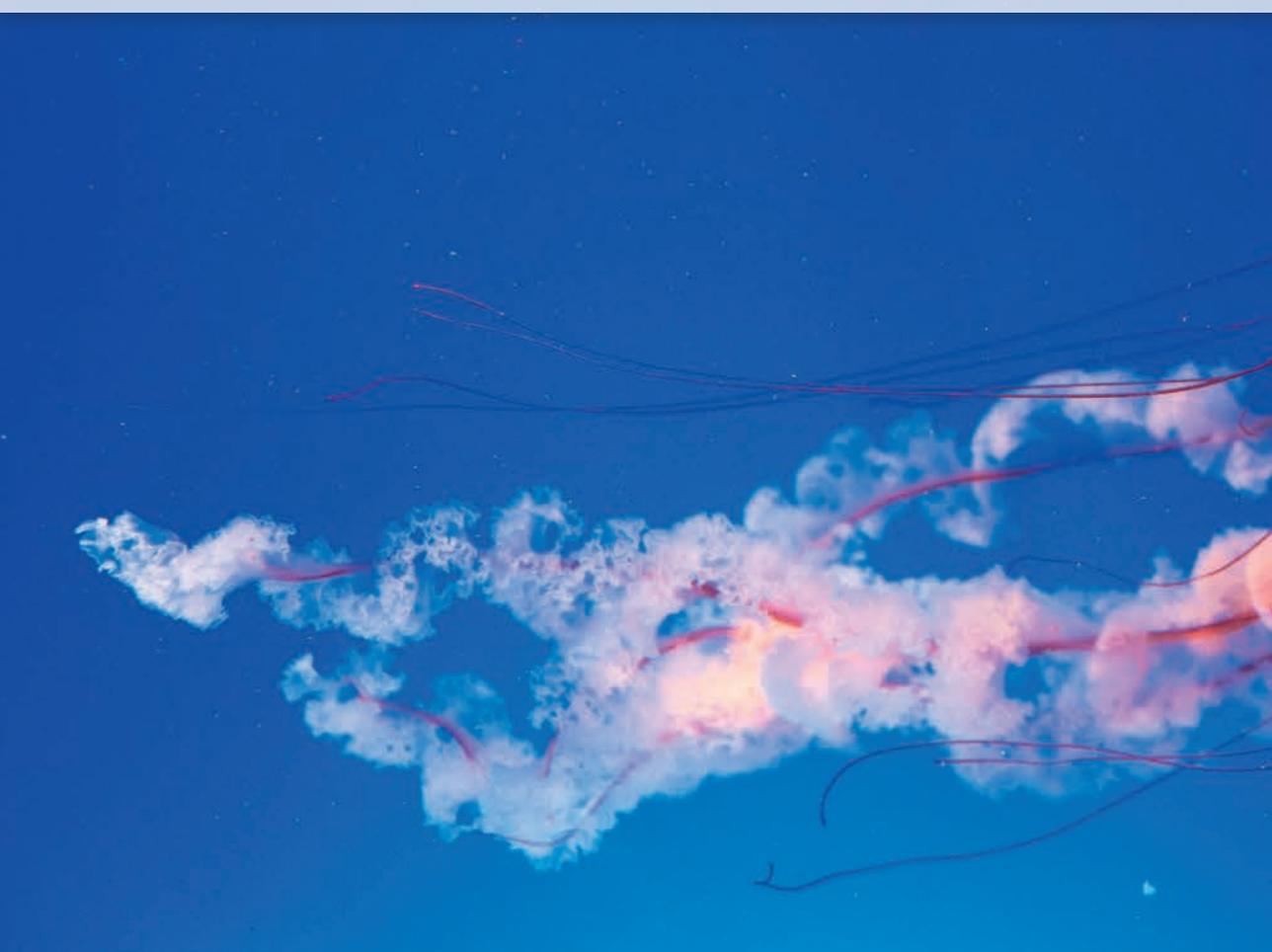
Sofern nicht anders angegeben LernortLabor
S. 23: KITZ.do
S. 26/27: Hubert Czech, Deutsches Museum
S. 128/129: Experimentierküche
S. 163: ScienceLab UZH
S. 190: solaris
S. 193: HELLEUM, Tüfteltruhe

Umschlag: dreamstime.com/Leifyung

Die Autoren wissen um die Bedeutung einer geschlechtergerechten Sprache und befürworten diese. Die verschiedenen generischen Formen entsprechen dabei nicht immer dem jeweiligen biologischen oder sozialen Geschlecht. Um den Lesefluss der Texte zu erleichtern haben einige Autoren auf die traditionellen Schreibweisen zurückgegriffen.

Diese Veröffentlichung wurde unterstützt mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU).

LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e.V. (LeLa) versteht sich als Dachverband der Schülerlabore im deutschsprachigen Raum. Als Schnittstelle der Schülerlabore zu Politik, Wirtschaft und Wissenschaft fördert der Dachverband den Ausbau des Netzwerkes als feste Säule des Bildungssystems. Das wichtigste Ziel dabei ist die Stärkung des Netzwerkes der Schülerlabore und die Verbreitung und Weiterentwicklung der besonderen Lehr- und Lernkultur der Schülerlabore: das eigenständige, entdeckende, forschende Lernen. Von Berufsorientierung bis Wissenschaftskommunikation sind in den mehr als 380 bei LeLa registrierten Schülerlaboren die unterschiedlichsten Schwerpunkte zu finden, mit denen jedes Jahr mehr als 700.000 Kinder und Jugendliche erreicht werden.



www.lernortlabor.de