LernortLabor
Bundesverband
der Schülerlabore

LeLamagazin

Neues aus dem Bundesverband

Ausgabe 14 • März 2016

Bericht
Schülerlabore in Ungarn
Seite 2

Studie
Verknüpfung von Schülerlabor-besuchen und Schulunterricht
Seite 5

Leitartikel
Chemie, Umwelt und Nachhaltigkeit im Schülerlabor
Seite 12

Szene aus dem Theaterstück für Kinder „Himmel und Hände“ von Carsten Brandau

Quelle: Peter Schlipf

Weitere Themen:

Schülerlabore stellen sich vor:
• Mathematik-Labor in Landau • NanoBioLab und GOFEX-Grundschullabor in Saarbrücken • Experimentier-Werkstatt FLOX in Kassel • explorhino in Aalen

Editorial

Liebe Mitglieder von LeLa,
liebe Lehrerinnen und Lehrer,
liebe Interessierte der Schülerlabor-Szene,

wir freuen uns, rechtzeitig zur LeLa-Jahrestagung in Saarbrücken die neue Ausgabe des LeLa *magazins* fertiggestellt zu haben, sind doch in dieser Ausgabe ein paar direkte Bezüge zur Jahrestagung. Passend zu ihrem Motto „MINT-Umweltbildung in Schülerlaboren" berichtet eine Gruppe von der Universität Bremen über ein Kooperationsprojekt mit anderen LeLa-Mitgliedern, in dem Angebote zu diesem Thema unter Berücksichtigung der Heterogenität von Zielgruppen beschrieben werden. Einen anderen interessanten Ansatz zu diesem Thema bietet das explorhino in Aalen, das im Rahmen der MINT-Bildung und der Bildung für nachhaltige Entwicklung auch Theater mit einbezieht.

Aus dem reichhaltigen Angebot der Saarbrückener Schülerlaborszene berichten diesmal das NanoBioLab und das GOFEX. Außerdem können Sie über zwei weitere LeLa-Mitglieder lesen, welches ihre Ziele und Inhalte sind, über „Mathe ist mehr" in Landau und FLOX in Kassel.

Wir freuen uns ganz besonders, dass wir in dieser Ausgabe einen Artikel über ein großartiges Projekt in Ungarn veröffentlichen dürfen, der über ein in den letzten Jahren aufgebautes Schülerlabor-Netzwerk berichtet – u. a. auch mit ein bisschen Unterstützung von LeLa-Mitgliedern.

Und lesen Sie schließlich die Studie von Kieler und Heidelberger Gruppen, die eine positive Wirkung von Schülerlaborbesuchen auf verschiedene Variablen wie z. B. Kompetenzerleben der Schülerinnen und Schüler beschreiben.

Im Namen des Redaktionsteams herzliche Grüße und hoffentlich bis zur Jahrestagung!

Fred Engelbrecht

Schülerlabornetz in Ungarn

In den vergangenen Jahren wurden in Ungarn an 66 Schulen und Bildungseinrichtungen neue Naturwissenschaftslabors für die Fächer Biologie, Chemie, Physik und Geographie ausgebaut und eingerichtet. Diese wurden aufgrund zweier Ausschreibungen in den Jahren 2010 und 2011 ausgewählt.

Das Ziel dieser Ausschreibungen war nicht nur die Entwicklung der Infrastruktur für eine moderne naturwissenschaftliche Bildung und die Erstellung von dazugehörigen Unterrichtsmaterialien, sondern auch die Bereitstellung des Know-Hows und des erforderlichen Personals. Die so neu entstandenen Labore sollten gemäß dieser Ziele von Schülern und Lehrkräften auch anderer Schulen in Anspruch genommen werden können.

Bewerben konnten sich Träger von schulischen Einrichtungen des sekundaren Bildungsbereichs. In der ersten Runde der Ausschreibung wurden 14, in der zweiten Runde 52 Bewerbungen positiv entschieden.

Das Öveges-Programm

Das Programm, für das vom ungarischen Staat und von der Europäischen Union insgesamt über 60 Mio. Euro bereitgestellt wurden, trägt den Namen des in Ungarn berühmt gewordenen Piaristenlehrers József Öveges, der viel Öffentlichkeitsarbeit geleistet hatte, um die Beliebtheit des Physikunterrichts zu erhöhen.

Die einzelnen Bewerber mussten Kooperationsverträge mit mindestens zehn Schulen abgeschlossen haben, um diesen in der Projektphase je Schule 30 Stunden Laborbenutzung pro Jahr zu gewährleisten, und anschließend in der Erhaltungsphase fünf Jahre lang jährlich 15 Stunden pro Schule.

Die Bewerber hatten nicht nur die Ausgestaltung der Infrastruktur zugesagt, sondern auch die Einstellung und Fortbildung der Lehrkräfte, die Weiterbildung der Pädagogen an den Partnerinstituten, die Entwicklung

des erforderlichen Unterrichtsmaterials in eigener Regie oder in Beauftragung externer Fachkräfte, und die Organisation von Fachprogrammen zur Entwicklung und Verbreitung allgemein zugänglicher und beliebter naturwissenschaftlicher Bildungsformen.

Alle Schulen sollten zwei identisch ausgestattete Labore für jeweils mindestens 18 Schüler bekommen, die ineinander zu öffnen sind. Die Ausstattung umfasst interaktive Veranschaulichungstafeln, Absaugkabinen, und an jedem Tisch Wasser-, Gas-, Strom- und Internetanschlüsse. Darüber hinaus sollten ein Lehrerzimmer, ein Vorbereitungsraum, ein Chemikalienlager und Umkleideräume für Schülergruppen ausgebaut werden.

Unterrichtsmaterialien sollten überwiegend für die Fächer Biologie, Chemie, Physik und Geographie sowie für Naturkunde (Altersgruppen der 10 bis 12-Jährigen) entwickelt werden. Auch sollten im laufenden Betrieb monatlich mindestens drei Versuche aufgezeichnet und veröffentlicht werden.

Es finden auch Talentaufbaugruppen, Wettbewerbe, Sommerferienlager und Fachveranstaltungen statt

Über die Erfüllung der Vorgaben hinaus sind im Endeffekt Schülerlabore in vielseitigen Ausgestaltungsformen und mit den verschiedensten Profilen entstanden. Üblicherweise war der Platzmangel in den Schulen ausschlaggebend für verfügbare Räumlichkeiten. Die meisten Schülerlabore sind wie frontale Klassenzimmer eingerichtet, was sie in erster Linie für Partnerarbeit und eine Durchführung der Versuche in Paaren geeignet macht, oder auch zur Beobachtung von Versuchen, die von der Lehrkraft vorgeführt werden. Es befinden sich lediglich in einigen Laboren in Inseln angeordnete Tische, die auch die Arbeit in kleineren Gruppen ermöglichen.

Die meisten Labore bieten ihren Partnerinstituten die Möglichkeit, Schülerversuche aus den Lehrplänen und Lehrbüchern durchzuführen. Ein geringfügiger Anteil bietet den Partnerschulen sogar weiterführende Projekte an. Darüber hinaus finden vorwiegend in der im Rahmen der Ausschreibung finanzierten Phase Talentaufbaugruppen, Wettbewerbe, Sommerferienlager und Fachveranstaltungen statt. Unterschiedlich ist auch die eingesetzte Lehrkraft in den verschiedenen Projekten. In der ersten Konstruktion waren prinzipiell flächendeckend stets die eigenen Lehrer der Partnerschulen für die Unterrichtseinheiten verantwortlich, in der zweiten Runde jedoch wurden bereits angestellte Laborlehrkräfte der das Labor beherbergenden Institute eingesetzt. In den fünf Jahren der Erhaltungsphase existiert nun beides. In die meisten Labore wird nur wenigen Schülergruppen Einlass gewährt, die nicht an der Bewerbungskooperation beteiligt waren. Hier handelt es sich nämlich – ähnlich wie bei der den Unterricht führenden Lehrkraft – um eine harte Finanzierungsthematik.

In der Projektphase standen Ressourcen auch für die Sicherung der personellen Voraussetzungen bereit. In den fünf Jahren der Erhaltungsphase jedoch müssen die teilnehmenden Schulen oder ihre Trägerinstitutionen sämtliche Sach- und Personalkosten decken. Während im Rahmen des laufenden Projektes selbst Reisekosten von Fördermitteln gedeckt werden konnten, müssen dafür ››

demnächst andere Quellen gesucht werden. Hier stellt sich die nicht ganz unerhebliche Frage, wie die sich bewerbenden Schulen ihre umgesetzten Entwicklungen betrachten. Aus der eigenen Sicht ist auch die Ansicht legitim, dass die Schule ein modernes Labor bekommen hat, und im Gegenzug dazu im Projektzeitraum und auch darüber hinaus weitere fünf Jahre lang gewisse Verpflichtungen eingehen muss. Anschließend wären sämtliche diesbezüglichen Pflichten erfüllt, und man hätte ein einsatzfähiges Labor für die eigenen Unterrichtszwecke. Offensichtlich war dies aber nicht die Zielsetzung der ursprünglichen Ausschreibung. Man wollte stattdessen, wie es sich viele Einrichtungen nun vorgenommen haben, regionale Schülerlabore haben, die durch einen hohen Nutzungsgrad weiterentwickelt werden können. Vorläufig sind jedoch keine finanziellen Ressourcen in Sicht, zumindest nicht aus den Budgets der Trägerinstitutionen oder des Staatshaushalts.

Aktuell wird im Zuge der Abschlussphase der Projekte versucht, eine landesweite Vereinigung der Schülerlabore ins Leben zu rufen, wobei es sich über mehr als lediglich eine Interessenvertretung handeln soll: es wird geplant, sich über eine fachliche Zusammenarbeit, Wissensteilung und gemeinsame Entwicklungen als Zielsetzung zu einigen. Zur Unterstützung derselben Ziele wird aktuell nach internationalen Kontakten gesucht. Bei einer Veranstaltung am 3. Oktober 2015 wurde z. B. von Frau Ulrike Martin als Gastreferentin in Vertretung des Bundesverbandes der Schülerlabore e.V. ein Vortrag gehalten.

Das Öveges-Schülerlabor in Kecskemét als Beispieleinrichtung

In Kecskemét, einer 85 km südöstlich von Budapest liegenden Stadt mit etwas mehr als hunderttausend Einwohnern, wurde in der Schule des Piaristenordens im April 2015 mit dem Unterricht im neu entstandenen Labor begonnen. Aus elf Schulen der Region kommen seither Schülerinnen und Schüler der Altersgruppen 10 bis 14 zu uns, und selbstverständlich werden auch für unsere eigenen Kinder und Jugendlichen von 3 bis 18 Jahren die verschiedensten naturwissenschaftlichen Beschäftigungen angeboten. Die zwei Labore sind für je 20 Schüler entsprechend eingerichtet. Es werden komplexe naturwissenschaftliche Lernmodule für Miniprojekte angeboten, die zwei bis vier Unterrichtseinheiten umfassen. Diese sind vorwiegend aufgrund der erworbenen, übersetzten und adaptierten Projekte aus den Schülerlaboren der Universitäten Bochum und Braunschweig entstanden. Darüber hinaus haben wir auch eigene, regionalspezifische Projekte entwickelt. Sie bearbeiten Themen der Wissenschaftsbereiche Physik, Chemie, Biologie und Geographie. Einige dieser Lernmodule wurden auch für Kinder mit Spezialbedürfnissen angepasst.

Im September und Oktober 2015 fanden zum Abschluss der Projektphase zahlreiche Fachveranstaltungen statt, darunter sechs fachspezifische Workshops. Zusammen mit den Partnerlaboren und Beteiligten wurde nach Lösungen zur Erhaltung der regionalen Schülerlabore gesucht. Es handelte sich dabei um folgende sechs Themen: Schülerlabore und Träger – Fragen der Erhaltung; Naturwissenschaftliche Erziehung von Schülern mit Spezialbedürfnissen; Kooperation der Universitäten und Hochschulen mit Schülerlaboren; Bildungsfragen zur naturwissenschaftlichen Erziehung mithilfe von Schülerlaboren in den Grundschulen; Kooperationsmöglichkeiten zwischen der Industrie und den Schülerlaboren, und die Rolle der Schülerlabore in der Talententwicklung.

Domonkos Mikulás
stellvertretender Schulleiter der
Piaristenschule in Kecskemét, Ungarn

Aktuelle Untersuchungen und Wirkungen von Schülerlaboren – Vor- und Nachbereitung als Verknüpfung von Schülerlaborbesuchen und Schulunterricht

Jedes Jahr profitieren viele Schülerinnen und Schüler in Deutschland von Besuchen in außerschulischen Lernorten wie Schülerlaboren. Die stetig wachsende Zahl ist dem großen Engagement zahlreicher Akteure zu verdanken: Universitäten, anderen überwiegend naturwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen, Schulen, Fachdidaktiken und Unternehmen. Den Betreibern und Geldgebern stellte sich alsbald die Frage nach der Effektivität der Schülerlabore, auch in Kombination mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht an Schulen.

Mit dem im Mai 2015 erschienenen „Naturwissenschaften im Unterricht Chemie"-Themenheft „Lernorte vernetzen" (Schwarzer et al., 2015) wird aufgezeigt, welche mannigfaltigen Vorteile die Vernetzung verschiedener naturwissenschaftlicher Lernorte haben kann. In diesem Heft finden sich Beiträge von Autorinnen und Autoren, die mit ihren naturwissenschaftlichen Projekten bereits bestehende Vernetzungen aufzeigen und diese anhand nutzbarer Beispiele veranschaulichen und fördern. Einige Aspekte und Ergebnisse aus dem Themenheft möchten wir an dieser Stelle präsentieren.

Begleitforschung im *klick!:labor*

Ein Beispiel für die Vernetzung von Lernorten ist das Schülerlaborprogramm *klick!* innerhalb der Kieler Forschungswerkstatt (s. Beitrag vom Team der Kieler Forschungswerkstatt, 2015). Im *klick!* wird seit 2011 am Puls der Kieler (Nano)Forschung gearbeitet (Schwarzer et al., 2013) und es ist damit eine Maßnahme zur Öffentlichkeitsarbeit des Sonderforschungsbereichs „Funktion durch Schalten". *klick!* stellt nach der LernortLabor Kategorisierung (Haupt et al., 2013) sowohl ein Lehr-Lern-Labor als auch ein Labor zur Wissenschaftskommunikation für die Mittel- und Oberstufe dar. Vernetzung mit dem Schulunterricht findet im Vorfeld mittels einer Stationenarbeit „Nanotechnologie im Alltag" im Rahmen von ein bis zwei schulischen Doppelstunden statt (Hickmann und Schwarzer, 2015). Eine Nachbereitung in der Schule kann in Form eines durch die Schülerinnen und Schüler ausgesuchten Experiments als Posterpräsentation vor der Klasse erfolgen. Umfassender und nachhaltiger ist, in Ergänzung zum Laborbesuch, eine eigene schülerkuratierte Ausstellung mit einfachen Mitteln zu bauen (Kampschulte und Schwarzer, 2015).

Seit Beginn des *klick!:labor*-Programms wurden in zahlreichen begleitenden Abschlussarbeiten nicht nur neue Experimente entwickelt, sondern auch die intendierten Verständnisprozesse bei den Schülerinnen und Schülern, z. B. zu Experimentierstationen wie dem Rasterkraftmikroskop, nanofunktionalisierten Oberflächen oder chemischen Schaltern in Form von Teaching Experiments (Komorek und Duit, 2004), kritisch hinterfragt. So war und ist es möglich, diese Stationen forschungsbasiert kontinuierlich zu verbessern. Auch der Einsatz eines Prä-Post-Fragebogeninstruments ermöglicht es, Erwartungen mit Erfahrungen der Besucherinnen und Besucher an einen Schülerlaborbesuch abzustimmen. Durch den Einsatz des Fragebogeninstruments mit vierstufiger Antwortskala (Boll, 2013; Schmidt et al., 2011) wurden Schülereinschätzungen zu 47 Merkmalen des *klick!* in Kategorien wie Fachwissen, Authentizität, Alltagsbezug oder Experimentieren bei 194 Schülerinnen und Schülern der 10. bis 13. Klasse reliabel (s. Tab. 1) erhoben. Diese wurden unmittelbar vor den praktischen Arbeiten im Labor sowie nach den ungefähr sechsstündigen Aktivitäten im *klick!* befragt.

Das *klick!* zielt darauf ab, umfangreiche Möglichkeiten für eigene experimentelle Untersuchungen und Einblicke in authentisches wissenschaftliches Arbeiten zu geben. Tabelle 1 zeigt ausgewählte Items des verwendeten Instruments.

Es zeigte sich (Abb. 1), dass im *klick!*-Sek. II-Labor die Erwartungen der Schülerinnen und Schüler zu den intendierten inhaltlichen Schwerpunkten Authentizität und experimentelles Arbeiten hoch ausgeprägt waren. Ferner hat sich gezeigt, dass das *klick!* die Erwartungen hinsichtlich des experimentellen Arbeitens bestätigt, die Wahrnehmung von Authentizität jedoch noch verbesserungswürdig ist (Abb. 1).

Skala	*n* Items	Beispielitem	Cronbachs α
Authentizität	7	***Von einem Besuch im Schülerlabor erwarte ich,*** *dass ich Geräte der Forschung kennenlerne.*	.82
		Im Schülerlabor *habe ich Geräte der Forschung kennengelernt.*	.75
Fachwissen	4	*..., dass ich mein naturwissenschaftliches Wissen erweitere.*	.71
		... hat sich mein naturwissenschaftliches Wissen erweitert.	.70
Selbsttätigkeit	6	*..., dass ich die Möglichkeit habe, eigene Ideen in den Experimenten umzusetzen.*	.81
		... hatte ich die Möglichkeit, eigene Ideen in den Experimenten umzusetzen	.72
Motivation	3	*..., ich motiviert werde, mich weiter mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen.*	.66
		... wurde ich motiviert, mich weiter mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen.	.84

Tab. 1: Übersicht des Fragebogeninstruments mit Beispielitems und Reliabilitäten

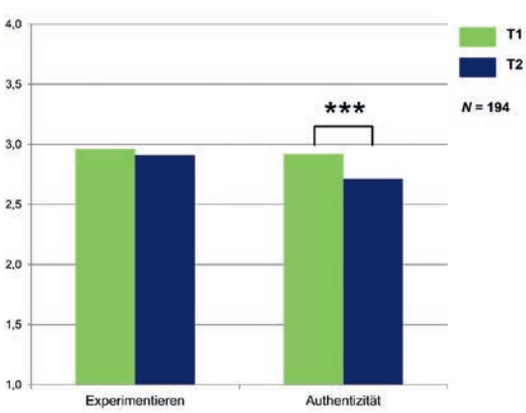


Abb. 1: Ausgewählte Ergebnisse für die Kategorien Experimentieren und Authentizität im *klick!*-Programm (T1=Erwartungen, T2=Bewertungen, *** $p < .001$) mit der Skala 1–4: stimmt gar nicht, stimmt wenig, stimmt ziemlich, stimmt völlig

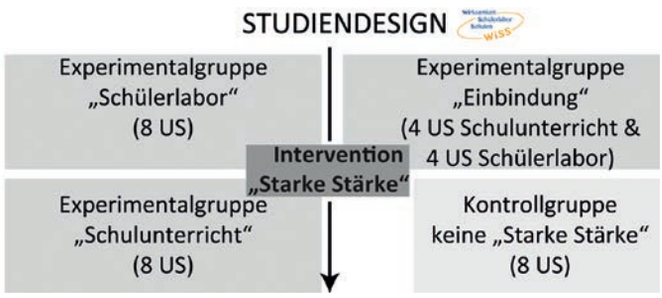


Abb. 2: Einteilung der Lerngruppen (Studiendesign)

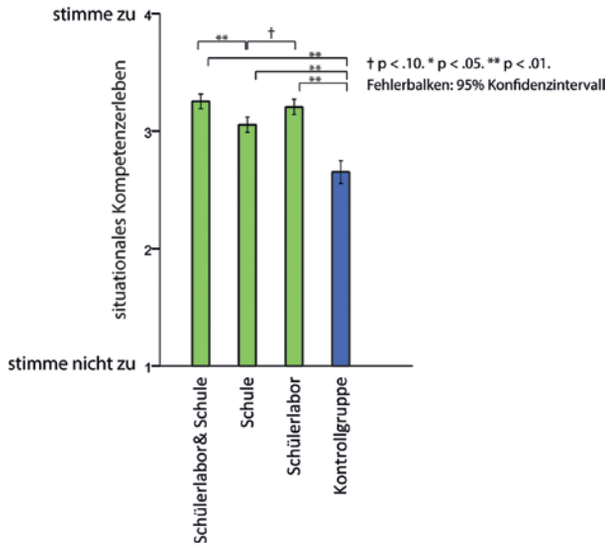


Abb. 3: (rechts): Situationales Kompetenzerleben nach Experimentalgruppen (Mittelwerte)
Die Signifikanzen beziehen sich auf die Mehrebenenberechnung (*Multi-Level-Analysis*)

Ausblick

Nach einer umfangreichen Überarbeitung der Experimentierstationen hinsichtlich eines höheren Authentizitätsgrades, z. B. durch das Einbinden von eigens erstellten, inhaltlich anknüpfenden Video-Podcasts von Forscherinnern und Forschern, wurde die Befragung kürzlich bei zunächst 100 Schülerinnen und Schülern wiederholt. Eine weitere Erhöhung der Stichprobe ist vorgesehen. Über die Ergebnisse wird in Kürze berichtet. Außerdem sind Untersuchungen in Vorbereitung, die detailliert den Einfluss von Vor- und Nachbereitung in den Fokus nehmen.

Vor- und Nachbereitung in Schülerlaboren

Erste empirische Untersuchungen in Schülerlaboren haben eine kurz- bis mittelfristige Interessenszunahme (u. a. Engeln, 2004; Glowinski, 2007) festgestellt. Obwohl aufgezeigt wurde, dass als didaktisches Konzept das Forschende Lernen und Experimentieren präferiert wird, sind generelle Aussagen zur Wirksamkeit eines Schülerlabors nur schwer zu treffen, da die Labore konzeptionell sehr verschieden sind. Diesbezügliche Homogenisierungsbestrebungen und Konzepte wurden mit der Schülerlaborkategorisierung von LernortLabor (Haupt und Vorst, 2015; LernortLabor, 2015) angestrebt und umgesetzt. Zugleich äußern viele Lehrkräfte den Wunsch nach einer Vor- und Nachbereitung eines Schülerlaborbesuchs sowie einen Bezug zu den Lehr- und Bildungsplänen. Darüber hinaus wurde in der Studie von Schmidt et al. (2011) aufgezeigt, dass Lehrkräfte Schülerlabore auch als Ort der Kontaktaufnahme von Wissenschaftlern mit besonders talentierten Jugendlichen sehen, die im Folgenden an Wettbewerben wie Jugend forscht und den ScienceOlympiaden (Blankenburg et al., 2015) teilnehmen können.

Um nachhaltigere Effekte zur Steigerung des längerfristigen Interesses an MINT-Themen zu erzielen, fordern derzeit nahezu alle vorliegenden Studien im Bereich der Schülerlaborforschung eine konsequente Einbindung des außerschulischen Lern- und Experimentierangebots von Schülerlaboren in den regulären naturwissenschaftlichen Unterricht (u. a. Pawek, 2009; Runge et al., 2013).

Aufgrund dessen konzentrieren sich neuere Forschungsansätze auf die Frage und Umsetzung einer effektiven Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen in den Schulunterricht (ausführlicher siehe: Schwarzer und Itzek-Greulich, 2015).

Die *WiSS*-Studie

Das Projektziel des *WiSS*-Unterrichtsprojektes (Wirksamkeit Schule-Schülerlabor) mit empirischer Begleitforschung war die Untersuchung der Wirkung eines außerschulischen Lernorts (Schülerlabor der experimenta, Heilbronn. Vergleiche: LernortLabor, 2015, S. 80) auf den naturwissenschaftlichen Schulunterricht (Itzek-Greulich et al., 2015).

Hierzu wurde ein Lehr- und Lernarrangement zum Thema „Starke Stärke“ mit einem theoretischen und einem praktischen Teil ausgewählt (siehe: experimenta Heilbronn, 2015), welches anschließend in drei Experimentalgruppen – (1) Schulunterricht, (2) Schülerlabor, (3) Schulunterricht & Schülerlabor (Einbindung) – und einer Kontrollgruppe (keine „Starke Stärke“) über acht Schulstunden an den verschiedenen Lernorten unterrichtet wurde (Abb. 2). Die Hauptstudie beruhte auf einer Stichprobe von 1606 Neuntklässlern (50,6 % Mädchen, Alter: $M = 15.34$; $SD = 0.65$) aus 68 Schulklassen aus 22 Realschulen in Baden-Württemberg, die an dieser Studie im Schuljahr 2012/2013 teilnahmen.

Schülerinnen und Schüler der Lerngruppe „Einbindung“ erhielten vor dem Schülerlaborbesuch eine theoretische Einführung über zwei Unterrichtsstunden an ihren Schulen und fuhren im Anschluss daran zu einem vierstündigen experimentellen Workshop an die experimenta, Heilbronn (Abb. 2). Der Abschluss dieser Unterrichteinheit fand an den Schulen mittels einer Vertiefung und Zusammenfassung des Themas statt.

Forschungsfrage und Durchführung

Aufbauend auf vorangegangenen Studien zur Interessenentwicklung an Schülerlaboren wurde die vorliegende Studie quantitativ konzipiert. Es stellt sich die Frage, ob die Kombination aus Schulunterricht & Schülerlabor (Einbindung) die prozessbezogene Variable „Kompetenzerleben“ erhöhen kann. Der Kurzfragebogen zu Lernemotionen [in Abb. 3 exemplarisch dargestellt: Skala zum situationalen Kompetenzerleben mit guter interner Konsistenz (3 Items, Cronbachs $\alpha = .81$)] wurde unmittelbar nach dem praktischen Teil an den Schulen oder im Schülerlabor von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt.

Ergebnisse

Alle Lerngruppen wurden durch die Lehr- und Lernarrangements in Bezug auf das situationale Kompetenzerleben der Schülerinnen und Schüler beeinflusst. Dabei zeigte die Kontrollgruppe deutlich niedrigere Werte als die Experimentalgruppen (Abb. 3). Schülerinnen und Schüler, welche der Lerngruppe „Schulunterricht & Schülerlabor“ angehörten, erzielten im praktischen Teil am Schülerlabor signifikant höhere Werte in Bezug auf ihr geäußertes Kompetenzerleben als Schülerinnen und Schüler der Lerngruppe „Schulunterricht“, welche den praktischen Teil in den schulischen

naturwissenschaftlichen Räumen durchführten. Dieser Unterschied war signifikant.

Ausblick/Praktische Implikationen

Die Ergebnisse der *WiSS*-Studie deuten darauf hin, dass ein Besuch im Schülerlabor das Kompetenzerleben zumindest situational fördern kann. Längerfristiges Ziel eines Schülerlaborbesuchs wäre, dieses zumindest in der Lernsituation aufgezeigte Kompetenzerleben in eine mittel- bis langfristige Motivationssteigerung umzuwandeln, um nachhaltige „Hold-Effekte" in Bezug auf die MINT-Begeisterung von Jugendlichen zu schaffen.

Denkbar wäre eine Übertragung der konzeptionellen Verzahnung von Schülerlaboren und naturwissenschaftlichen Unterricht auf andere Teilbereiche sowie auf einen längeren Zeitraum angelegte Interventionen. Die Lehrkräfte erhalten bei Anmeldung zum Schülerlaborbesuch unterrichtsrelevantes Zusatzmaterial, was sehr geschätzt wird, denn engagierte Kolleginnen und Kollegen sind immer auf der Suche nach Unterrichtsmaterial. Ganz generell ist davon auszugehen, dass es sich bei Lehrenden, die einen organisationsintensiven Laborbesuch durchführen, um Kolleginnen und Kollegen handelt, die auch Anregungen zur Innovation ihres Unterrichts dankbar annehmen.

Darüber hinaus besteht immer auf Seiten von Schülerinnen und Schülern beim Schülerlaborbesuch die Gelegenheit, ohne Leistungsdruck und selbstständig naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen (vgl. Euler, 2009), was beste Voraussetzungen für nachhaltiges Lernen sind.

Danksagung

Heike Itzek-Greulich war Mitglied des Kooperativen Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements" der PH Ludwigsburg und der Universität Tübingen, das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert wurde. Weiterhin wurde dieses Projekt finanziell unterstützt vom Fonds der Chemischen Industrie (Förderlinie „Chemiedidaktik"), der Forschungsförderstelle der PH Ludwigsburg und der experimenta Heilbronn, expliziter Dank gilt hier dem pädagogischen Leiter Dr. Thomas Wendt.

Außerdem sei der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung des *klick!:labors* im Rahmen des Teilprojekts Öffentlichkeit des Sonderforschungsbereichs „Funktion durch Schalten" gedankt.

Heike Itzek-Greulich, Janet S. Blankenburg und Stefan Schwarzer

Kontakt

Dr. Heike Itzek-Greulich
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Studiengang Frühkindliche und Elementarbildung (FELBI)
Keplerstr. 87
D-69120 Heidelberg
E-Mail: itzek@ph-heidelberg.de

Dr. Stefan Schwarzer und
Dr. Janet S. Blankenburg
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik an der Universität Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
D-24118 Kiel
E-Mail: schwarzer@ipn.uni-kiel.de
blankenburg@ipn.uni-kiel.de

Literatur

- Blankenburg J. S., Höffler T. N. und Parchmann I. (2015). Naturwissenschaftliche Wettbewerbe – Was kann junge Schülerinnen und Schüler zur Teilnahme motivieren? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21 (1), 141–153
- Boll L. (2013). Entwicklung eines Fragebogens zur Untersuchung von Erwartungen und Bewertungen eines Besuchs im Schülerlabor *Klick!* (Masterarbeit). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Engeln K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag.
- Euler M. (2009). Schülerlabore in Deutschland: Zum Mehrwert authentischer Lernorte in Forschung und Entwicklung. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 58(4), 5–9.
- experimenta Heilbronn. Starke Stärke: Kursinformation. http://experimenta-heilbronn.de/akademie-junger-forscher/kurse-schulen/sekundarstufe-1/48-starke-staerke (19.01.2016)
- Glowinski I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebung. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Haupt O J., Domjahn J., Martin U., Skiebe-Corrette P., Vorst S., Zehren W. und Hempelmann R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66/6, 324–330
- Haupt O. und Vorst S. (2015). Nationale und regionale Vernetzung von Schülerlaboren. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26 (147), 46–48.
- Hickmann K. und Schwarzer S. (2015). Nanotechnologie im Alltag. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), 68 (1), 35–39.
- Itzek-Greulich H., Flunger B., Vollmer C., Nagengast B., Rehm M. und Trautwein U. (2015). Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? Learning and Instruction, 38, 43–52. doi:10.1016/j.learninstruc.2015.03.003
- Kampschulte L. und Schwarzer S. (2015). Eine Ausstellung entwickeln – Vernetzung von Schülerlabor und Unterricht durch schülerkuratierte Ausstellungen. Naturwissenschaften im Unterricht: Chemie, 26 (147), 30–36.
- Komorek M. und Duit R. (2004). The Teaching Experiment as a Powerful Method to Develop and Evaluate Teaching and Learning Sequences in the Domain of Non-Linear Systems. Special Issue. International Journal of Science Education, 26 (5), 619–633.
- LernortLabor (Ed.). (2015). Schülerlabor-Atlas. Schülerlabor Atlas 2015: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum. Stuttgart: Klett MINT.
- Pawek C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Runge K., Stiefs D. und Schecker H. (2013). Wirkungen schulischer Vorbereitung auf den Besuch des DLR_School_Lab. LeLa *magazin*, Ausgabe 7, 3-5.
- Schmidt I., Di Fuccia D. S. und Ralle B. (2011). Außerschulische Lernstandorte: Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht, 63, 362–369.
- Schwarzer S. und Itzek-Greulich H. (2015). Möglichkeiten und Wirkungen von Schülerlaboren: Vor- und Nachbereitung zur Vernetzung mit dem Schulunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 147, 8–13.
- Schwarzer S., Itzek-Greulich H., Parchmann I. und Rehm M. (2015). Lernorte Vernetzen. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26 (147).
- Schwarzer S., Rudnik J. und Parchmann I. (2013). Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter – Fachdidaktische Begleitung eines Sonderforschungsbereichs. CHEMKON, 20 (4), 175–181.
- Team der Kieler Forschungswerkstatt. (2015). Endlich ein großer oder kleiner Forscher sein!: Die Kieler Forschungswerkstatt an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. LeLa *magazin*, Ausgabe 13, 8.

Mathematik-Labor „Mathe ist mehr“

Klassisches Schülerlabor und Lehr-Lern-Labor der Universität Koblenz-Landau

Wie kann man mit einfachen Hilfsmitteln den Abstand zu einem Gebäude in großer Entfernung relativ genau abschätzen? Wie kann man seine eigene Fitness testen und mit der anderer vergleichen (Bild 1)? Im Mathematik-Labor „Mathe ist mehr“ der Universität Koblenz-Landau können Schülerinnen und Schüler Antworten auf diese und weitere Fragen finden. Unterstützt durch gegenständliche Arbeitsmaterialien, Computersimulationen (Bild 2) und Videos erforschen und durchdringen sie interessante Phänomene und deren mathematische Grundlagen selbstständig. Dieses angeleitete forschende Lernen ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, authentisches mathematisches Arbeiten zu erleben und darüber hinaus ihr mathematisches Grundlagenwissen zu erweitern.

Bild 1: Eine Schülergruppe beim Fitnesstest

Quelle: Karin Hiller, Universität Landau

Angebote für alle Klassen der Sekundarstufen

Die Laborangebote stehen interessierten Schulklassen auf Anfrage unentgeltlich zur Verfügung. Zurzeit werden insgesamt elf Laborstationen für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufen I und II zu unterschiedlichen Lehrplanthemen angeboten: So werden im Rahmen der Station „Mathematik und Kunst“ z. B. die Bruchzahlen eingeführt und ein Einstieg in die Bruchrechnung geleistet, während die Station „USA – ein Land der unbegrenzten Möglichkeiten?“ einen Zugang zum Integralbegriff ermöglicht.

Vernetzung mit dem Mathematikunterricht an der Schule

Die Laborstationen sind für drei aufeinander aufbauende Besuche von je eineinhalb Stunden konzipiert. Einige liegen in unterschiedlichen Varianten für das Gymnasium, die Realschule plus und die Förderschule vor. Das Konzept des Labors umfasst die enge Verzahnung der Laborarbeit mit dem schulischen Mathematikunterricht, deshalb sind die Themen der Laborstationen auf die Lehrpläne abgestimmt. Die Arbeitsmaterialien, Simulationen sowie Videos stehen auf der Homepage zum Download und zur direkten Nutzung zur Verfügung. Das Mathematik-Labor-Team unterstützt die Vernetzung mit dem Unterricht darüber hinaus durch die Angabe von Lernvoraussetzungen und -zielen und stellt den Lehrkräften Materialien und Anregungen zur Weiterarbeit im Unterricht auf der Homepage unter www.mathe-labor.de zur Verfügung.

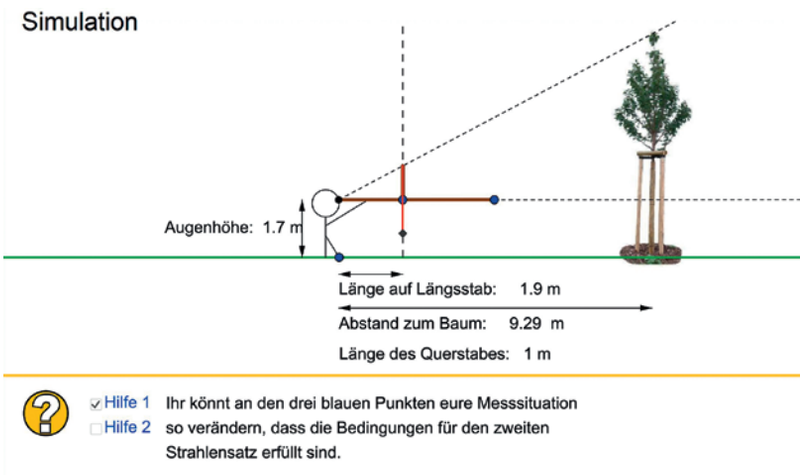


Bild 2: Simulation zu der Laborstation „Jakobsstab & Co.“

Einbindung in die Lehramtsausbildung und die Lehrerfortbildung

Das Mathematik-Labor „Mathe ist mehr“ ist mehr als ein klassisches Schülerlabor: Als Lehr-Lern-Labor trägt es wesentlich zu einer theoriegeleiteten und praxisnahen Lehramtsausbildung bei. So haben Studierende in mehreren Vorlesungen die Möglichkeit, Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern mit Hilfe von Videovignetten zu analysieren, die im Mathematik-Labor aufgezeichnet wurden. Dadurch soll die Entwicklung der diagnostischen Kompetenz und des reflektierten Lehrerhandelns der Studierenden unterstützt werden. Im Rahmen von Seminaren und Abschlussarbeiten entwickeln, erproben und evaluieren Lehramtsstudierende selbst Labor-Lernumgebungen. Zu Themen des Mathematik-Labors werden auf Anfrage auch Fort- und Weiterbildungen für Lehrkräfte angeboten. Hier können die Lehrkräfte die besondere Arbeitsweise im Schülerlabor kennenlernen und sich am Erkenntnis- und Erfahrungsaustausch zu ausgewählten mathematikdidaktischen Fragestellungen rund um die Laborarbeit beteiligen.

Forschung im Mathematik-Labor

Das Mathematik-Labor „Mathe ist mehr“ stellt auch ein mathematikdidaktisches Forschungslabor dar: Dabei sind insbesondere die mathematische Begriffsbildung, das Zusammenspiel von gegenständlichen Modellen und Computersimulationen im Erkenntnisprozess, die Darstellungskompetenz und die mathematische Fachsprache aktuelle zentrale Forschungsperspektiven.

Marie-Elene Bartel, Rolf Oechsler, Jürgen Roth

Kontakt

Mathematik-Labor "Mathe ist mehr"

Mathematik-Labor „Mathe ist mehr“
Institut für Mathematik
Universität Koblenz-Landau
Fortstraße 7
76829 Landau
Tel.: 06341-270-31202
E-Mail: info@mathe-labor.de
www.mathe-labor.de

Fachrichtungen: Mathematik/Mathematikdidaktik
Zielgruppen: Schüler/innen, Lehramtsstudierende und Mathematiklehrkräfte der Sekundarstufen (Realschule plus, Integrierte Gesamtschule, Gymnasium, Förderschule)

Forschendes Experimentieren und Oleochemie in einem Schülerlabor^{KL}

Das Chemieschülerlabor NanoBioLab an der Universität des Saarlandes wird vom Lehrstuhl für Physikalische Chemie betrieben, der auch für die Didaktik der Chemie zuständig ist. Die regulären Praktika (2½ bis 3 Stunden) für Schulklassen der Stufen 4 bis 12/13 finden wöchentlich donnerstags vor- und nachmittags statt. Teilnahmegebühren werden nicht erhoben, weiter entfernt liegende Schulen können Buskosten erstattet bekommen. Pro Jahr sind etwa 1.800 und insgesamt schon mehr als 20.000 Schülerbesuche zu verzeichnen. Im NanoBioLab werden auch Fortbildungen für Lehrkräfte im Schuldienst angeboten, und es wurden Experimentier-Kisten ausgerüstet, die sich Schulen (Primarstufe und Sek 1) kostenlos ausleihen können.

Einbindung in die universitäre Kernaufgabe *Lehre*

Betreut werden die Schülerinnen und Schüler von Studierenden des Lehramts Chemie, wissenschaftlichen Mitarbeitern (Fachdidaktik) und einer teilabgeordneten Chemie-Gymnasiallehrerin. Neben einer schülergerechten Betreuung ist damit auch ein ständiger Kontakt zu Schule und Schulunterricht und zur Lehrerschaft sichergestellt. Die Schülerbetreuung im Schülerlabor ist ein Fachdidaktik-Pflichtpraktikum für Chemie-Lehramtsstudierende aller Schulformen (neun Betreuungstermine). Damit ist das NanoBioLab in die Kernaufgabe Lehre der Universität eingebunden, was seine dauerhafte Existenz sicherstellt. Nach der LeLa-Kategorisierung ist das NanoBioLab ein Schülerlabor^{KL}, d. h. Klassisches Schülerlabor und gleichzeitig Lehr-Lern-Labor.

Abb. 1: Pflanzenöle aus dem UNESCO Biosphärenreservat Bliesgau, Teil des Einzugsgebiets von NanoBioLab

Quelle: NanoBioLab/Hempelmann

In den regulären Praktika arbeitet das NanoBioLab nach der Methode „Forschendes Experimentieren". Die Schülerinnen und Schüler arbeiten während der gesamten Experimentierphase in Kleinstgruppen von zwei bis drei Schülern mit einem Betreuer für zwei bis drei Gruppen. Dies ermöglicht differenzierte Hilfestellungen je nach Leistungsniveau der Schüler und somit eine Binnendifferenzierung. Die Aufgabenstellungen wurden unter Mitwirkung erfahrener Pädagogen entwickelt und erprobt im Hinblick auf folgende vier Kriterien:

1. Ergebnisoffenheit der Fragestellung
2. Eigenständige Lösbarkeit durch Schüler
3. Unterrichtsbezug, d. h. Integration in den laufenden Unterricht
4. Bearbeitbarkeit von Teilaufgaben in etwa 15 Minuten

Durch die Einbindung in den normalen Unterricht stehen Vorkenntnisse zur Verfügung, die den Schülern eine weitgehend eigenständige Problemlösung erlauben.

Schülerlabor-Modul Oleochemie

NanoBioLab bietet neben den o. a. halbtägigen Praktika auch Schülerlabor-Module an, die aus drei bis fünf Modulelementen (ME) bestehen. Das sei am Beispiel *Oleochemie und Nachhaltigkeit* erläutert. Das erste ME ist die Einführung in die Thematik, die bevorzugt in der Schule stattfindet. Das zweite ME ist das Praktikum im Schülerlabor. Hier werden z. B. Öle aus Samen von Ölpflanzen der Region extrahiert (Abb. 1).

Die Pflanzenöle werden zu Ethylestern umgeestert und mittels Dünnschichtchromatografie analysiert, wobei von den selbstextrahierten Pflanzenölen schließlich noch Jodzahl und Säurezahl bestimmt werden. Die Schüler ermitteln auch, dass Leindotteröl besonders viel Omega-3-Fettsäure enthält und somit Fischöle, aus denen konventionell Omega-3-Fettsäuren gewonnen werden, ersetzen kann. Angesprochen werden dabei folgende Nachhaltigkeitsaspekte: *Verwendung regionaler Produkte vermeidet Energie-intensive Langstreckentransporte* und *Ersatzprodukt leistet Beitrag gegen Überfischung der Weltmeere*. Das dritte ME (optional) ist die Führung durch ein einschlägiges universitäres Forschungslabor, das vierte ME (ebenfalls optional) ist eine Exkursion zu einem einschlägig tätigen Industrieunternehmen. Das fünfte ME schließlich ist die Nachbereitung, die wieder in der Schule stattfinden kann. Die Schüler begreifen (im wörtlichen und im übertragenen Sinn) die Prinzipien der Thematik im Schülerlabor und sie bekommen dann einen authentischen Eindruck davon, wie diese Dinge in der high-tech-Forschung und in der industriellen Realität angegangen werden – inklusive Berufsorientierung. Gleichzeitig verinnerlichen sie am Beispiel der Omega-3-Fettsäuren, was nachhaltige Entwicklung bedeutet.

Einbindung in die universitäre Kernaufgabe *Forschung*

NanoBioLab ist auch in die *Forschung* als Kernaufgabe der Universität eingebunden. Auf dem Gebiet Nachhaltige Chemie gibt es eine langjährige enge Zusammenarbeit mit der Bremer Chemie-Fachdidaktik und deren Schülerlabor FreiEx sowie mit Saarbrücker Bildungswissenschaftlerinnen und Bildungswissenschaftlern.

Danksagung

Für das große Engagement der NanoBioLab-Mitarbeiter und für die finanzielle Unterstützung durch DBU, VDI, FCI und BMWi bin ich sehr dankbar.

Rolf Hempelmann

Kontakt

NanoBioLab

NanoBioLab
c/o Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Universität des Saarlandes
Campus B22
66123 Saarbrücken
Tel.: 0681-302-71235
E-Mail: heike.luxenburger@uni-saarland.de, j.huwer@mx.uni-saarland.de
www.nanobiolab.de

Fachrichtungen: Naturwissenschaften (Sek1) und Chemie (Sek2)
Zielgruppen: ganze Klassen der Stufen 4 bis 12/13, bis zu 30 TeilnehmerInnen

GOFEX- Grundschullabor für Offenes Experimentieren

Die Angebote des GOFEX

Das Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX) hat das Ziel, den Mangel im naturwissenschaftlichen Experimentieren in der Lehreraus- und –fortbildung zu beheben. Im Mittelpunkt des GOFEX steht der eigene experimentelle Zugang von Studierenden, Lehrenden sowie Schülerinnen und Schülern zu naturwissenschaftlichen Themen sowie Transferprozesse der didaktischen Erkenntnisse. Das GOFEX bietet:

- Schülerlabor^{K}: GOFEX-Tage zum (Offenen) Experimentieren für **Schülerinnen und Schüler** der Klassenstufe 1 – 6 sowie Vorschulkindern. Themen aus den Bereichen Physik, Technik, Biologie und Chemie. Termine können individuell angefragt werden.
- Schülerlabor^{L}: Seminare und Vorlesungen zum Offenen Experimentieren für **Studierende** des Studiengangs „Lehramt für Primarstufe (und Sekundarstufe 1)“ der Universität des Saarlandes
- Weiterbildungsprogramme für **Lehrkräfte** der Grundschulen des Saarlandes.

Konzepte des GOFEX

Didaktisches Konzept

Das Offene Experimentieren soll aus didaktischer Perspektive im Mittelpunkt der Auseinandersetzung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht stehen, da dieser besonders dann eine große Motivation entfaltet, wenn (viel) experimentiert wird. In der Schule übliches „rezeptartiges Abarbeiten von Arbeitsanweisungen“ führt zu Fehlvorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden. Zudem sind die meisten Schülerversuche trivial, didaktisch reduziert und es fehlt der Bezug zur Alltagswelt. Folglich wird zu wenig und in einer nicht effektiven Weise experimentiert. Das Ziel von GOFEX ist es – ausgehend von ausgearbeiteten Werkstätten – ein Verständnis über experimentelle Erkenntniswege zu generieren. Die zunehmende Öffnung der Experimente und die resultierenden eigenen Erkenntnismöglichkeiten unterstützen, dass Experimentieren nicht auf einfache Schemata bei z. B. klassischen Schülerexperimenten beschränkt werden kann und soll!

Kinder „experimentieren“ mit Schnecken Quelle: GOFEX

Luft braucht Platz Quelle: GOFEX

Material- und Ordnungskonzept als Elemente der Öffnung: Das GOFEX-Haus

Zum GOFEX gehört ein Materialkonzept, das selbst ein Element der Öffnung darstellt. Die komplette Materialsammlung steht im GOFEX-Raum zur Verfügung und gewährleistet einen schnellen und selbstständigen Zugriff auf alle Materialien beim Experimentieren, die spontan benötigt werden. Durch ansprechendes, alltägliches Material werden die Kinder in die Lage versetzt, sich selbstständig in der Sammlung zu bedienen und eigene Experimente zu verfolgen. Das bereitgehaltene Material soll die Kinder inspirieren, alle Sinne ansprechen und kreative Prozesse in Gang setzen. Das Material der Sammlung erlaubt die Bearbeitung fast jeder kommerziell erhältlichen „Werkstatt“. Die inhaltliche Freiheit wird somit nicht mehr durch zur Verfügung gestelltes Material eingeschränkt.

Die Materialien sind nach einem intuitiven Ordnungssystem in Boxen geordnet. Jede Materialbox steht für ein Zimmer mit entsprechenden Materialien, die auch im Haushalt in diesem Raum zu finden wären. Diese wird analog zur typischen Lage der Zimmer in einem Wohnhaus in einem Regal eingeordnet. So ist das Werkzeug in der Werkstatt im Keller und z. B. Luftballons im Kinderzimmer im oberen Bereich des Hauses resp. des Regals zu finden. Da keine aufwändige Einführung in das Material- und Ordnungskonzept nötig ist, und sich die Schülerinnen und Schüler selbstständig in der Sammlung bedienen können, erhöht sich die Offenheit beim Experimentieren. Piktogramme auf den Boxen erleichtern das abschließende Wegsortieren der Materialien, auch für Kinder, die noch nicht lesen können.

Die Verwendung alltäglicher Gegenstände sowie der Lebensweltbezug im Ordnungssystem tragen zum Abbau von Berührungsängsten in Bezug auf naturwissenschaftliches Experimentieren bei.

Annika Diehl, Mareike Kelkel und Markus Peschel

Kontakt

GOFEX
Grundschullabor für
Offenes Experimentieren

GOFEX
Campus C 6.3/4
66123 Saarbrücken
Tel.: 0681-302-71390
E-Mail: kontakt@GOFEX.info
www.GOFEX.info

Fachrichtung: Physik, Biologie, Chemie
Zielgruppe: Kindergarten, Klasse 1 – 6, Lehreraus- und -weiterbildung

In der Uni sind die Flöhe los!

Die Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX) der Universität Kassel

Mit viel Engagement begeben sich Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe auf die Suche nach Erklärungen zu verschiedenen Naturphänomenen. Ausgerüstet mit Taschenlampe, Stoppuhr und Co. werden Wasserflöhe beobachtet, Achatschnecken gefüttert und Luftballons mittels Hefe zum Platzen gebracht. Die Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX) ist ein Ort der freien Entfaltung von kleinen und großen Forschern. Die Durchführung selbstständig geplanter Experimente steht hierbei im Fokus des Lernens und Handelns.

„Die machen gar nicht, was sie sollen." *„Wo sind die denn alle?"* *„Die sind da alle im Dunklen."* Das Leittier der Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX), der Wasserfloh (*Daphnia magna*), gibt den Schülerinnen und Schülern nicht selten Rätsel auf. Trotz seiner geringen Größe und scheinbar einfachen Lebensweise ergeben sich rund um den Wasserfloh viele spannende Forschungsfragen. In praktisch orientierten Experimentiermodulen kann diesen Fragen auf den Grund gegangen werden. Unter dem Motto „**F**orschend Lernen durch **O**ffenes **EX**perimentieren (FLOX)" erschließen sich die Lernenden über den Wasserfloh (Bild 1) hinaus verschiedene zoologische oder botanische Phänomene über selbstständig durchgeführte, ergebnisoffene Experimente.

FLOX wurde 2011 als Lernlabor für Schülerinnen und Schüler und zugleich als Lehrlabor für Lehramtsstudierende im Fachgebiet Didaktik der Biologie der Universität Kassel eingerichtet. Die Bildungsarbeit bei FLOX zielt auf die praxisorientierte Vermittlung von wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen mit dem Fokus auf der Durchführung von Experimenten ab. Das FLOX-Konzept integriert hierbei vier Facetten:

Bild 1: Klein, aber oho! – Lernende erforschen bei FLOX die Angepasstheit von Wasserflöhen an verschiedene abiotische Faktoren

Fachdidaktische Forschung

Die Konzeption des Forschenden Lernens sowie der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung" bilden das zentrale theoretische Fundament von FLOX. Beide sind Gegenstand fachdidaktischer Forschungsprojekte des Fachgebietes Biologiedidaktik und werden u. a. im Rahmen der FLOX-Arbeit untersucht. Dadurch werden Forschungsbefunde zu den Fähigkeiten und Schwierigkeiten von Lernenden beim Experimentieren sowie zur lernförderlichen Gestaltung von Lernumgebungen gewonnen.

Lehrerbildung

Als Studienwerkstatt der Universität Kassel ist FLOX der Ausbildung von Lehramtsstudierenden verpflichtet. Zentrales Anliegen ist dabei die enge Verzahnung von universitärer Ausbildung und schulischer Praxis. Folglich werden verschiedene Lehrprojekte durchgeführt und in jedem Semester findet eine Lehrveranstaltung statt, die auf eine Mitarbeit im Rahmen von FLOX abzielt. Durch die Einbindung der authentischen FLOX-Lernumgebung in die Lehre sollen den Studierenden essentielle fachdidaktische Schlüsselqualifikationen vermittelt werden. Neben Studierenden fördert FLOX über Fortbildungen auch angehende Lehrkräfte in der zweiten Ausbildungsphase (Bild 2) sowie erfahrene Lehrende in der Vermittlung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung.

Schulbildung und Wissenstransfer

In der Arbeit mit den Schülerinnen und Schülern werden eigene Ideen zum Lösen naturwissenschaftlicher Problemstellungen umgesetzt, Lösungswege entwickelt und das Vorgehen reflektiert. In Kleingruppen werden die Lernenden beim Experimentieren von Lehramtsstudierenden betreut. Die Herausforderung hierbei besteht im Aufrechterhalten einer Balance zwischen individueller Herausforderung auf Seiten der Lernenden und der Lernunterstützung durch die studentischen Betreuer. Kontinuierlich werden FLOX Lernumgebungen entwickelt bzw. weiterentwickelt, um zum einen weitere interessante biologische Phänomene aufzugreifen und zum anderen innovative fachdidaktische Konzeptionen umzusetzen. So werden die thematischen Module, wie z. B. „Licht-/Temperaturreaktion von Wasserflöhen" und „Hefe – Ein spannender Organismus" jeweils evaluiert und durch die Einbindung unterschiedlicher (digitaler) Medien und Lernhilfen weiterentwickelt. Damit erfolgt ein direkter Transfer von fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in die schulische Praxis.

Bild 2: Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst erkunden die Fauna der Teiche im Freilandlabor Dönche

Quelle: Monique Meier

Monique Meier und Jürgen Mayer

Kontakt

Experimentier-Werkstatt Biologie (FLOX)
Universität Kassel/FG Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Tel.: 0561-804-4825
E-Mail: monique.meier@uni-kassel.de
www.uni-kassel.de/fb10/institute/biologie/fachgebiete/didaktik-der-biologie/experimentier-werkstatt-biologie-flox.html

Fachrichtung: Didaktik der Biologie
Zielgruppe: 5. – 10. Klasse aller Schultypen

Chemie, Umwelt und Nachhaltigkeit im Schülerlabor – Lernangebote für *alle* Schülerinnen und Schüler

Heterogenität und Diversität gehören zu den zentralen Begriffen der aktuellen Bildungsdebatte. Alle Bereiche formaler und nicht-formaler Bildung sehen sich einer wachsenden Heterogenität der Lernenden ausgesetzt. Die aktuelle Flüchtlingsproblematik wird diese Entwicklung in Zukunft sicher noch verstärken. Dies erfordert eine zunehmende Sensibilität für den Umgang mit den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen und Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler. Ein Beitrag hierzu kann innere Differenzierung bieten. Innere Differenzierung zielt darauf ab, alle Jugendlichen, die sich hinsichtlich zahlreicher Merkmale (z. B. Vorwissen, Interesse, Motivation, Lerntempo, sprachliche Fähigkeiten, sozioökonomischer Hintergrund, ggf. Migrationserfahrung) immer mehr unterscheiden, bei der Gestaltung von Bildungsangeboten in den Blick zu nehmen.

Ein Ansatz, dies im Bereich von Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung zu leisten, können außerschulische Lern- und Bildungsangebote sein, die bereits seit Jahren die schulische Bildung ergänzen. Außerschulische Lernorte, insbesondere Schülerlabore und Umweltbildungszentren, sollten hier Hilfe anbieten, Leistungsunterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern aus Familien mit unterschiedlichem sozio-ökonomischen Status durch nicht-formale und informelle Angebote zu mindern. Bisher richtet sich diese individuelle Förderung in Schülerlaboren jedoch häufig an eher begabte Schülerinnen und Schüler. Schülerlabore sollten aber auch als Ziel haben, mit der ganzen Breite und den verschiedenen Facetten von Heterogenität umzugehen.

Ausgehend von einem Vorgängerprojekt (Garner et al., 2015) werden seit Ende 2014 in einer Kooperation der Universität Bremen mit den Universitäten des Saarlandes, Erlangen-Nürnberg und der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe Schülerlaborangebote zu chemiebezogenen Themen der Nachhaltigkeitsdebatte für besonders heterogene Lerngruppen entwickelt. Dies fokussiert etwa stärker integrierende Schulformen der Sekundarstufe I und Lerngruppen in der außerschulischen Bildung (Abb. 1).

Besondere Freude haben die Lernenden an den unterschiedlichen Facetten in den jeweiligen Themen

In Netzwerken von Fachdidaktiken, Schülerlaboren, Lehrerfortbildungszentren und Schulen werden in diesem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekt Bildungsangebote für Schülerlabore auf der Basis eines mehrdimensionalen Modells für Differenzierung und Fördermöglichkeiten entwickelt, das ausführlich in Affeldt et al. (2015) dargestellt ist. Diese Angebote zielen systematisch auf Differenzierung im kognitiven, sprachlichen sowie kulturellen Bereich, um insbesondere auch in ihrer Bildungsbiographie benachteiligte Jugendliche bei der Thematisierung von Nachhaltigkeitsherausforderungen mitzunehmen.

Das Differenzierungsmodell erlaubt gleichermaßen die Anpassung der Bildungsangebote an verschiedene Lerngruppen wie auch die individuelle Förderung einzelner Lernender. Die Entwicklung erfolgt seit Beginn dieses Jahres in Kooperation mit verschiedenen Schulen. Einbezogen werden differenzierende Formen des kooperativen Lernens, abgestufte Lernhilfen und Methoden eines sprachsensiblen Unterrichts. Im Sinne der Förderung interkultureller Kompetenz werden Bezüge zu anderen Ländern hergestellt. Maßnahmen zur beruflichen Orientierung werden ebenso einbezogen. Die Lernangebote werden in Schülerlaboren an allen vier Standorten implementiert und seit dem letzten Sommer angeboten.

Themen der insgesamt sechs Schülerlaborangebote für die Jahrgänge 5 bis 10 beinhalten chemiebezogene Fragen zu Nachhaltigkeit, etwa zu nachwachsenden Rohstoffen, der Qualität von Wasser, nachhaltiger Mobilität oder den Möglichkeiten der Energiespeicherung als wesentlichem Bestandteil der Energiewende. Durchgängig werden Versuchsanleitungen angeboten, die sich zwischen angeleitetem und, mit entsprechenden Hilfen, strukturiertem forschenden Lernen bewegen. Alle Materialien nutzen kreative Zugänge zum Experimentieren, etwa Fragestellungen und Anleitungen in Form von Comics, Einträgen aus Internetforen, WhatsApp und Facebook oder Ausschnitte aus anderen Alltagsmedien (Abb. 2). Dahinter liegen dann jeweils abgestufte Lernhilfen zur Erklärung der Phänomene, aber auch sprachsensible Unterstützung wird angeboten. Die Projekthomepage gibt Einblicke in

Abb. 1: Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren im Schülerlabor an der Universität Bremen

Quelle: Antje Siol

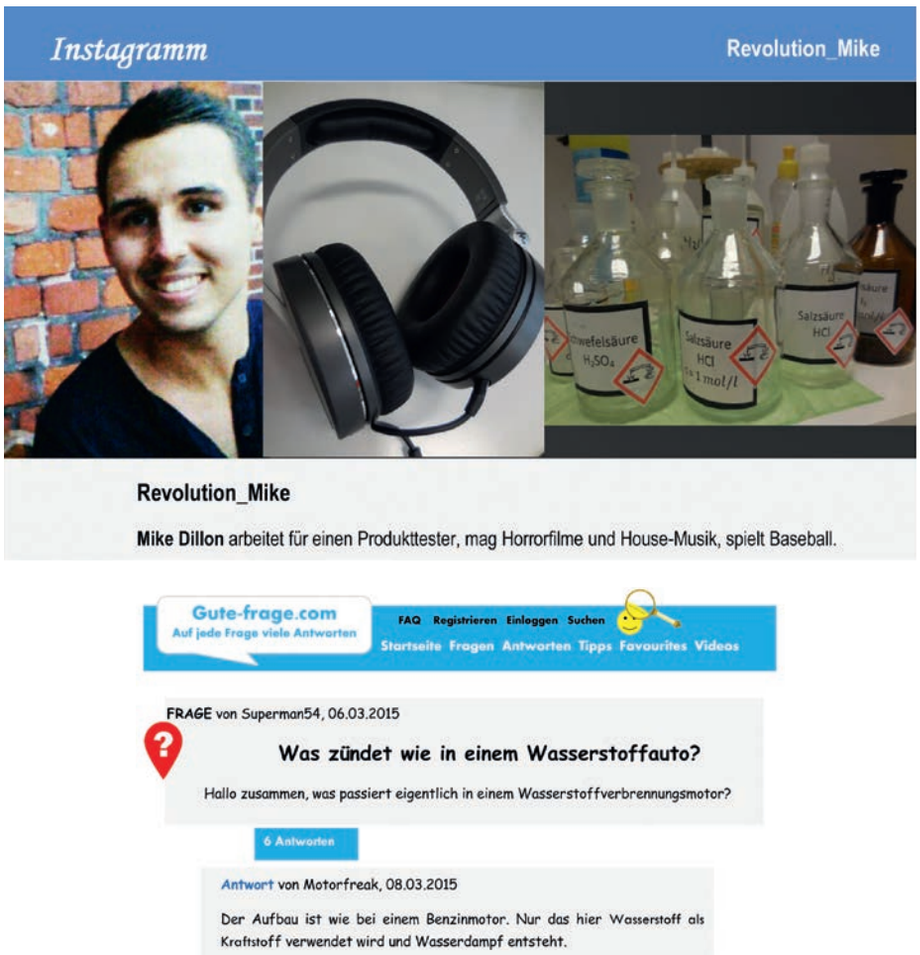


Abb. 2: Bespiele für kreative Zugänge zu den Experimenten im Schülerlabor

die einzelnen Schülerlaborangebote, die kompletten Materialen können bei Interesse angefordert werden.

Bislang haben im ersten Jahr des auf drei Jahre angelegten Projekts ca. 1.100 Schülerinnen und Schüler eines der Schülerlaborangebote an einem der vier Standorte besucht. Bis Projektende sollen dies mindestens 3.500 Lernende werden. Die Rückmeldungen von Lehrkräften wie von den Schülerinnen und Schülern sind durchweg positiv. Gelobt werden das selbstständige, forschende Experimentieren, die Vielfalt der experimentellen Aufgaben und das Kennenlernen universitärer Laborräume. Die Schülerinnen und Schüler berichten von spannenden sowie interessanten Erfahrungen und Spaß beim Experimentieren. Sie loben die Möglichkeit zum Ausprobieren und den offenen Umgang mit Materialien und Geräten, welcher ihnen in der Schule nur begrenzt möglich ist. Besondere Freude haben die Lernenden an den unterschiedlichen Facetten in den jeweiligen Themen sowie an der innovativen Gestaltung der Experimentieranleitungen, insbesondere an den Versuchsanleitungen in Form von Comics. Die Schülerlabore an den vier Standorten können insgesamt eine positive Resonanz in Bezug auf den Umgang mit Heterogenität verzeichnen und freuen sich auf weitere Lerngruppen, auch aus der außerschulischen Bildung.

Fiona Affeldt, Silvija Markic, Antje Siol, Sabine Fey, Johannes Huwer, Rolf Hempelmann, Michael Urbanger, Rita Tandetzke, Andreas Kometz, Uta Beck, Matthias Ducci und Ingo Eilks

Danksagung

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

Literatur

- Garner N., Huwer J., Siol A., Hempelmann R. und Eilks I. (2015). On the development of non-formal learning environments for secondary school students focusing sustainability and green chemistry. In: Gomes Zuin V. und Mammino L. (Eds.). Worldwide trends in green chemistry education, RSC, Cambridge, 76-92.
- Affeldt F., Weitz K., Siol A., Markic S. und Eilks I. (2015). A non-formal student laboratory as a place for innovation in education for sustainability for all students. Educational Sciences, 5, 238-254.

Kontakt

Chemie Umwelt Nachhaltigkeit im Schülerlabor
Lernangebote für homogene und heterogene Lerngruppen

Universität Bremen
Fachbereich 2 (Biologie/Chemie)
IDN Chemiedidaktik – Prof. Dr. Ingo Eilks
Leobener Straße, Gebäude NW 2
28359 Bremen
Tel.: 0421-218 63281 oder -63280
E-Mail: ingo.eilks@uni-bremen.de
www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/cunlab/
www.FreiEx.uni-bremen.de

Fachrichtungen: Naturwissenschaften, Chemie, Technik
Zielgruppen: ab Jgst. 5, Nachmittagsgruppen, Lehrerfortbildungen, Verleih von Experimentierkisten

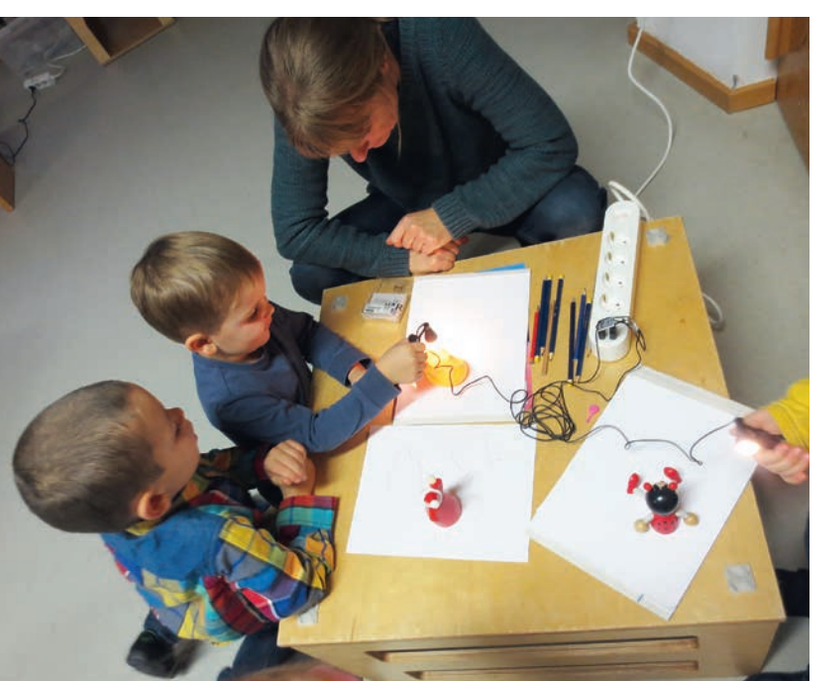
MINT-B-NE: Zwei Seiten einer Medaille finden sich

explorhino integriert BNE in der MINT-Bildung

Die Werkstatt junger Forscher an der Hochschule Aalen – explorhino – begeistert für Naturwissenschaften und Technik und fördert das geweckte Interesse weiter. Diese 2010 gegründete MINT-Nachwuchsförderung ist über eine Stiftung der Hochschule Aalen, einer Hochschule für Technik und Wirtschaft, basisfinanziert und zusätzlich auf weitere Sponsoren und sonstige Einnahmen angewiesen. In den Anfangsjahren war explorhino allein auf die MINT-Bildung für Kinder ab drei Jahren bis zum Schulabschluss konzentriert. Seit Oktober 2015 hat explorhino zusätzlich Bildung für Nachhaltige Entwicklung, kurz BNE, explizit mit im Programm stehen. Mit dem Ziel, eine MINT-BNE-Bildungskette im Ostalbkreis aufzubauen, betritt explorhino Neuland, für das es nur wenige Vorbilder gibt.

Kinder lassen Schatten an der Wand tanzen Quelle: explorhino

Wir sehen uns heute mit globalen Problematiken konfrontiert, die die Aufgabe stellen, unsere Kinder zu Weltenrettern auszubilden. Sie werden Antworten finden müssen auf Fragen, die zu stellen wir heute noch gar nicht in der Lage sind. Diese globalen Problematiken sind zwar im Bereich Nachhaltige Entwicklung anzusiedeln, werden aber oft als rein technisch lösbare Problemstellungen behandelt. Das Auffinden von Lösungsstrategien setzt spezifische Kompetenzen voraus. Kompetenzen, um heutige und zukünftige globale Problematiken überhaupt erkennen zu können und dann Maßnahmen zu ergreifen, um sie in den Griff zu bekommen. Dies alles hat sehr viel mit Bildung für Nachhaltige Entwicklung, kurz BNE, und ebenso viel mit naturwissenschaftlicher Bildung zu tun. Trotzdem gehen beide Bildungsansprüche meistens getrennte Wege; so wie im gesellschaftlichen Bewusstsein „Technikentwicklungen“ und „Umweltschutz“ getrennt behandelt und – wenn in Beziehung zueinander stehend – als Gegensätze wahrgenommen werden. Nur konsequent ist, dass klassische MINT-Bildung, obwohl sie sich der Nachhaltigkeit verpflichtet fühlt, keinen Bezug zur BNE herstellt. Die LeLa-Jahrestagung im März 2016 wird mit dem Schwerpunktthema „MINT-Umweltbildung“ insofern ein vermittelnder Schritt in die richtige Richtung sein.



Experimente mit Licht und Schatten Quelle: explorhino

Das Wort „Nachhaltigkeit“ wird von technischer Sicht kommend meistens im umgangssprachlichen Sinn von Bestand versprechend oder dauerhaft wirkend benutzt. Nachhaltige MINT-Bildung ist dadurch zunächst auf die nachhaltige Zukunftssicherung der Ingenieurskunst ausgerichtet. Doch hat schon in den achtziger Jahren ein langsam reifender Bewusstseinswandel eingesetzt. So liest man aktuell auch aus naturwissenschaftlicher Feder: „Umso wichtiger, dass wir unser Tun hinterfragen und auch mit denen in Dialog treten, die davon betroffen sind … Dass wir Produkte herstellen und Wissenschaft betreiben zum Wohle aller und besonders künftiger Generationen. … .“ (T. K. Lindhorst, 2016)

Aus der Sicht der „nachhaltigen Entwicklung“ ist „Nachhaltigkeit“ als Handlungsprinzip definiert, nach dem nicht mehr Ressourcen verbraucht werden dürfen, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren oder künftig wieder bereitgestellt werden können, damit zukünftige Generationen dieselben Chancen auf ein erfülltes Leben haben wie wir. Es geht um Generationengerechtigkeit und Chancengleichheit zwischen den verschiedenen Weltregionen, Nationen und Kulturen. BNE steht auf den drei Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziales. BNE ist die Vermittlung der notwendigen Kompetenzen, um sinnvolle Handlungsentscheidungen treffen zu können. Diese Gestaltungskompetenz baut nach Professor Gerhard de Haan, dem Vorsitzenden des Nationalkomitees der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“, auf zwölf Teilkompetenzen auf (BNE-Portal, 2015).

Einige dieser Kompetenzen wie z. B. „Risiken, Gefahren und Unsicherheiten erkennen und abwägen können“ sind Fähigkeiten, die

selbstverständlich auch Teil von MINT-Bildung sind. Aber MINT-Bildung greift bezüglich der Nachhaltigkeit zu kurz. Es muss abgegrenzt werden zu Schlagwörtern wie Technikfolgenabschätzung, Umweltverträglichkeitsprüfung und Nachhaltigkeitscheck. Denn diese Maßnahmen sind technisch, räumlich und anwendungsbezogen auf das unmittelbare Umfeld begrenzt und beschränken sich auf kurze Zeiträume. BNE dagegen ist global ausgerichtet und erstreckt sich über mehrere Generationen. Aber: Die aus der Umweltbildung und dem Nachhaltigkeitsgedanken aus der Forstwirtschaft heraus entstandene BNE ist heute zwar weit mehr als eine in der biologischen Nische verharrende Ökologie, hat jedoch den Sprung in die Technik außer in der Energiethematik noch nicht annähernd geschafft.

Theaterstück für Kinder „Himmel und Hände“ von Carsten Brandau und die Frage „wie entstehen Schatten?“

Quelle: Peter Schlipf

Mit der Verknüpfung von MINT-Bildung und BNE, wie sie in explorhino angestrebt ist, soll die BNE in einer auf MINT-Bildung ausgerichteten Einrichtung gefördert werden. Durch diese Integration der BNE in die MINT-Bildung werden Fachwissen und kommunikative Kompetenzen für partizipative Entscheidungs- und Konfliktlösungsprozesse miteinander verbunden. So kann BNE in die MINT-Bildung einziehen. Wenn die BNE sich dabei ihrerseits öffnet, kann die Erkenntnis, dass physikalische Phänomene das Dasein begründen und dass Wirtschaftlichkeit und soziales Gefüge eng mit technischem Fortschritt verbunden sind, zu einer chancenorientierten Annäherung an innovative Techniken wie beispielsweise Smarte Vernetzung, Industrie 4.0 und Leichtbau führen.

Ein erster Ansatz, eine bewusste Durchdringung von Technikkultur und geisteswissenschaftlicher Kultur zu fördern, ist das explorhino-Projekt „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung auch in externen Lernorten“. Um Kinder für Nachhaltigkeit zu sensibilisieren, hat die Baden-Württemberg Stiftung in Kooperation mit der Heidehof Stiftung im Rahmen der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) das Programm „Nachhaltigkeit lernen – Kinder gestalten Zukunft“ aufgelegt und explorhino als Partner für die Umsetzung ihres Modellprojekts ausgewählt. Kernelement des Projektes ist das Theaterstück „Himmel und Hände“ von Carsten Brandau. In der Freundschaftsgeschichte der beiden Buchstaben A und O geht es neben der Ordnung der Zahlen und der Buchstaben um die Welt als Ganzes und darum, wer man ist und wie man miteinander umgeht. Eine zentrale Aussage ist, dass das eigene Handeln Konsequenzen nicht nur für mich und mein Umfeld hat, sondern auch für andere. Passend zu Motiven und Situationen des Theaterstücks hat explorhino verschiedene Workshops rund um das Thema „Naturwissenschaften“ entwickelt, die von Kindergärten und Grundschulklassen im Anschluss an die Aufführung wahrgenommen werden können. Das Angebot wird mit 21 gebuchten Workshops infolge von zwei Aufführungswochen im November 2015 und Februar 2016 sehr gut angenommen. Kindergartenkinder sind für eine bewusste Wahrnehmung der Zusammenhänge noch sehr jung, aber aufgeschlossen. Für sie ist es der erste Schritt in der MINT-BNE-Kette. Weitere sollen folgen.

Für dieses Projekt wurde explorhino mit dem Preis „Energie für Bildung 2016“ der Gasversorgung Süddeutschland ausgezeichnet, der im November 2016 übergeben werden soll.

Susanne Garreis

Kontakt

explorhino

explorhino – Werkstatt junger Forscher
an der Hochschule Aalen
Beethovenstr. 1
73430 Aalen
Tel.: 07361-576 - 2491
E-Mail: explorhino@hs-aalen.de
www.explorhino.de

Impressum

Herausgeber
LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V.
Geschäftsstelle
Tentenbrook 9
24229 Dänischenhagen
Tel.: 04349-7992971
office@lernort-labor.de
www.lernort-labor.de

Redaktion
Dr. Fred Engelbrecht (V.i.S.d.P.)
Dr. Olaf J. Haupt
PD Dr. Knut Jahreis
Dr. Corina Rohen-Bullerdiek
redaktion@lernort-labor.de

Layout
Ulrike Heinichen, grafitypus

Bezugsbedingungen
Mitglieder von „LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V.“ erhalten das Magazin 3x jährlich kostenlos.

Online
www.lela-magazin.de

Aufnahme in elektronische Datenbanken, Mailboxen sowie sonstige Vervielfältigungen nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Herausgebers. Für unverlangt eingesendetes Text- und Bildmaterial wird keine Haftung übernommen. Die Autoren und Redakteure des LeLa *magazins* recherchieren und prüfen jeden Artikel sorgfältig auf seine inhaltliche Richtigkeit. Dennoch kann es passieren, dass sich Fehler in die Texte oder Bilder schleichen. Wir übernehmen daher keine Garantie für die Angaben.

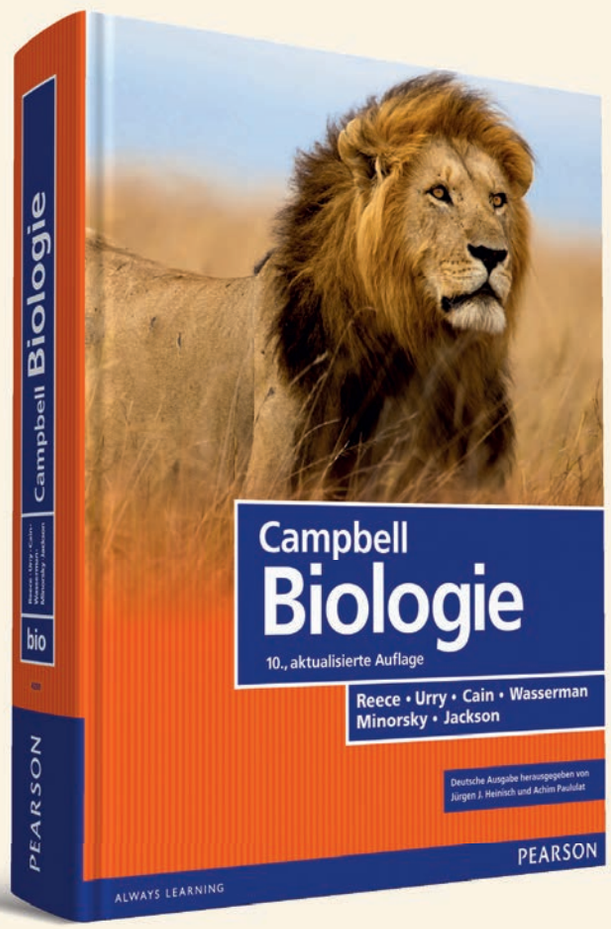
ISSN 2196-0852

Wir sind uns der Bedeutung der gender-gerechten Sprache bewusst. Die in den Artikeln verwendeten 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.

Der neue Campbell –

für Biologen und solche, die es werden wollen!

- Weltweit berühmt für die einzigartige Ausgewogenheit zwischen Anschaulichkeit und wissenschaftlicher Prägnanz gibt es die „Bibel der Biologen“ jetzt komplett überarbeitet in der Jubiläumsausgabe: 4,5 Kilo und fast 2.000 Seiten Biologie – aktuell, umfassend, forschungsnah und gut lesbar.
- Unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Heinisch und Prof. Dr. Achim Paululat hat ein 26-köpfiges Team angesehener Dozenten aus allen Teilbereichen der Biologie das Buch optimal auf das Studium in Deutschland, Österreich und der Schweiz abgestimmt.
- Ergänzt wird das Buch durch eine aufwendig erstellte Online-Lernumgebung mit zahlreichen Videos, Animationen, Experimenten und Übungsaufgaben sowie einer digitalen Ausgabe des Buchs – zum Lesen und Lernen, wo immer Sie gerade sind.

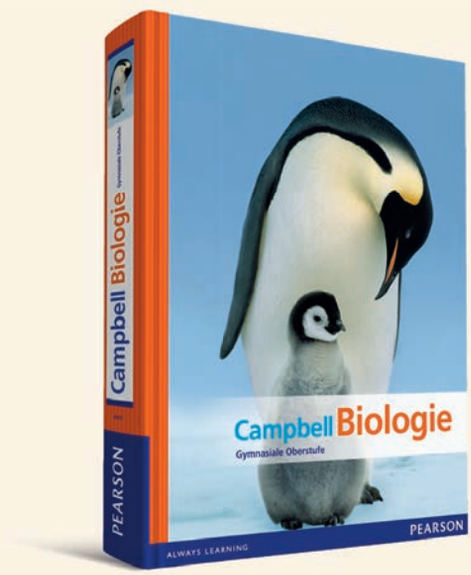


Neil A. Campbell, Jane B. Reece,
Lisa Urry, Michael Cain, Steven Wasserman,
Peter Minorsky, Robert Jackson

CAMPBELL BIOLOGIE

10., aktualisierte Auflage

ISBN: 978-3-8689-4259-0
1856 Seiten | 4-farbig
€ 99,95 [D] | € 102,80 [A] sFr 115,70*



- Das Lehrbuch Campbell Biologie in einer preisgünstigen Kurzfassung für Schüler und Lehrer.
- Die Biologie in all ihrer Vielfalt im Überblick: knapp, übersichtlich, pointiert.
- Seit Jahrzehnten bewährt: wissenschaftlich korrekt, didaktisch ausgefeilt und eingängig bebildert mit dem gesamten Lehrplanstoff für die reformierte Oberstufe.

Neil A. Campbell, Jane B. Reece

CAMPBELL BIOLOGIE

Der Campbell für die Schule
Gymnasiale Oberstufe
ISBN: 978-3-8689-4900-1
760 Seiten | 4-farbig
€ 49,95 [D] | € 51,40 [A] | SFr 58,40*

* unverbindliche Preisempfehlung

Weitere Informationen unter www.pearson-studium.de

ALWAYS LEARNING PEARSON