

„Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit: Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler“

**Ein Projekt zur Entwicklung und Implementation von außerschulischen
Bildungsangeboten zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung auch für Lernende
mit benachteiligten Bildungsbiografien**

Aktenzeichen der DBU: 31861 / 01

Abschlussbericht

Berichtszeitraum Dezember 2014 – Juni 2018

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Prof. Dr. I. Eilks, Dr. A. Siol, Dr. S. Markic, F. Affeldt
Universität Bremen
Institut für die Didaktik der Naturwissenschaften (IDN)
Leobener Straße, NW 2, 28359 Bremen

Prof. Dr. A. Kometz, Dr. M. Urbanger,
R. Tandetzke
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Department Fachdidaktiken - Didaktik der Chemie
Regensburger Straße 160, 90478 Nürnberg

Prof. Dr. M. Ducci, Dr. U. Beck
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Institut für Chemie
Bismarckstraße 10, 76133 Karlsruhe

Dr. H. Natter, Prof. Dr. Dr. h.c. R. Hempelmann,
Dr. S. Fey, Dr. J. Huwer,
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Transfercentre Sustainable Electrochemistry (TSE)
Campus B2 2, 66123 Saarbrücken

Projektbeginn Dezember 2014
Projektlaufzeit 36 + 6 Monate

Bremen, im Juli 2018

06/02

Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt



| | | | | |
|----|-----------------|---------|-------------|--------------------|
| Az | 31861-01 | Referat | Fördersumme | 339.700,- € |
|----|-----------------|---------|-------------|--------------------|

Antragstitel **Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit: Schülerlaborangebote unter besonderer Berücksichtigung von Kindern und Jugendlichen mit problematischen Bildungsbiografien**

Stichworte Bildung für nachhaltige Entwicklung. Chemiedidaktik, Schülerlabore, Schule, Sekundarstufe I, außerschulische Bildung, Heterogenität im Bildungssystem, Differenzierung, Lernhilfen, Sprachhilfen, Comics, Experimente, Berufsorientierung, Alte Kulturpflanzen, Qualität von Wasser, nachhaltige Mobilität, metallische Werkstoffe und ihr Einsatz in der Technik, Faserverbundwerkstoffe, chemische Energiegewinnung, Energiespeicher, Biokunststoffe, Chemie nachwachsender Rohstoffe

| Laufzeit | Projektbeginn | Projektende | Projektphase(n) |
|----------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------|
| 36 + 6 Monate | 09.12.2014 | 08.12.2017 -> 30.06.2018 | 4 |

Abschlussbericht Juli 2018

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Bewilligungsempfänger | Universität Bremen | Tel 0421 218 63280 |
| | Institut für die Didaktik der Naturwissenschaften IDN | Fax 0421 218 63288 |
| | Prof. Dr. I. Eilks | Projektleitung: Prof. Dr. I. Eilks |
| | Leobener Str. 6, NW2 28359 Bremen | Bearbeiter: Prof. Dr. I. Eilks, Dr. A. Siol, Dr. S. Markic, MEd F. Affeldt |

Kooperationspartner 1 Universität des Saarlandes, Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie – Transfercentre Sustainable Electrochemistry (TSE), Dr. Harald Natter, Campus B2 2, 66123 Saarbrücken

Kooperationspartner 2 Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für Chemie
Prof. Dr. Matthias Ducci, Bismarckstraße 10, 76133 Karlsruhe

Kooperationspartner 3 Universität Erlangen-Nürnberg, Department Fachdidaktiken - Didaktik der Chemie
Prof. Dr. Andreas Kometz, Regensburger Straße 160, 90478 Nürnberg

Deutsche Bundesstiftung Umwelt ☐ An der Bornau 2 ☐ 49090 Osnabrück ☐ Tel 0541/9633-0

☐ Fax 0541/9633-190 ☐ <http://www.dbu.de>

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

In diesem Vorhaben wurden Bildungsangebote mit Bezug zu Chemie, Nachhaltigkeit und Technik für Schülerlabore entwickelt und implementiert. Die Angebote richteten sich an heterogene Lerngruppen und dabei speziell auch an Lernende mit benachteiligten Bildungsbiografien. Hierzu wurden Netzwerke aus Hochschulen, Schülerlaboren, Schulen und außerschulischen Bildungsträgern in vier Bundesländern gebildet. Systematisch wurden auf diesem Wege schulische und außerschulische Bildung, ebenso wie die Lehrerausbildung und Lehrerfortbildung, für die Innovation von naturwissenschaftlichem Unterricht durch Schülerlabore miteinander verknüpft.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Im Zusammenspiel von Fachdidaktik, Schülerlabor und Schulen wurden Bildungsangebote für Lerngruppen mit einem hohen Grad an Differenzierung und Fördermöglichkeiten entwickelt. Diese Angebote berücksichtigten systematisch Heterogenität in den kognitiven, sprachlichen sowie kulturellen Voraussetzungen der Lernenden, um insbesondere auch in ihrer Bildungsbiografie benachteiligte Jugendliche bei der Thematisierung von Nachhaltigkeits Herausforderungen mitzunehmen. Die Umsetzung basierte auf einem komplexen Differenzierungsmodell, das gleichermaßen die Anpassung der Bildungsangebote an verschiedene Lerngruppen wie auch die individuelle Förderung einzelner Lernender erlaubt. Die Entwicklung erfolgte zyklisch in Kooperation mit verschiedenen Bremer Oberschulen in Anlehnung an das Modell Partizipativer Aktionsforschung. Einbezogen wurden differenzierende Formen des kooperativen Lernens, abgestufte Lernhilfen und Methoden eines sprachsensiblen Unterrichts. Im Sinne interkulturellen Lernens wurden Bezüge zur Situation in anderen Ländern hergestellt. Maßnahmen zur beruflichen Orientierung wurden ebenso einbezogen. Die Lernangebote wurden in Schülerlaboren an allen vier Standorten implementiert und durchgeführt.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Außendarstellung des Projekts erfolgte über eine Internet-Seite, die die Angebote für Schulen und außerschulische Bildungsträger darstellt [<http://www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/cunlab/>]. Mit 24 Publikationen fand eine Dokumentation der Projektinhalte und -ergebnisse in den einschlägigen Fachmedien für Fachdidaktik und naturwissenschaftlichen Unterricht statt. Mehr als 7.300 Schülerinnen und Schüler haben das Angebot an den vier Standorten wahrgenommen. Über 650 Lehramtsstudierende, Referendare, Lehrerinnen und Lehrer der naturwissenschaftlichen Fachrichtungen haben an Seminaren und Lehrerfortbildungen zum Projekt teilgenommen.

Auf rund 40 nationalen und internationalen Vortragsveranstaltungen (u.a. in Dortmund, Osnabrück, Bremerhaven, Potsdam, Berlin, Würzburg, Zürich, Teneriffa, Iasi, Chisinau, Seoul, San Francisco, Barcelona, Tiflis, Sao Paulo) wurde dieses Vorhaben einem breiten Publikum präsentiert.

Fazit

Nach dem 3 ½ Jahren aktiver Projektarbeit gibt es zahlreiche Erfolge, die sich formal im erfolgreichen Abschluss von 19 projektbezogenen Bachelor-, Master-, Staatsexamensarbeiten und 1 Promotion äußern. 24 Publikationen konnten in nationalen, und internationalen Journalen, Tagungsbeiträgen und Buchkapiteln veröffentlicht werden.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt ☐ An der Bornau 2 ☐ 49090 Osnabrück ☐ Tel 0541/9633-0
☐ Fax 0541/9633-190 ☐ <http://www.dbu.de>

Inhalt

| | |
|---|----|
| Projektkennblatt | 2 |
| Einleitung | 4 |
| 1. Anlass und Zielsetzung | 5 |
| 2. Zeitplan | 7 |
| 3. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden | 6 |
| 3.1 Entwicklung, Adaption und Implementation der Schülerlaborangebote | 6 |
| 3.2 Differenzierungsmodell | 7 |
| 3.3 Hilfekarten | 9 |
| 3.4 Berücksichtigung der Heterogenität | 10 |
| 3.5 Lehrerinformation, Auswahlhilfen & Gestaltung/Planung eines Laborbesuchs | 11 |
| 3.6 Exposés der Modulangebote | 11 |
| 4. Ergebnisse | 18 |
| 4.1 Zahlen & Fakten | 18 |
| 4.2 Integration der Schülerlaborangebote in die Lehramtsaus- und Lehrerfortbildung | 20 |
| 4.3 Tagungs- und Posterbeiträge | 22 |
| 4.4 Publikationen | 23 |
| 4.5 Qualifizierungsarbeiten | 23 |
| 4.6 Außerschulische Bildungspartner | 24 |
| 4.7 Evaluation | 25 |
| 5. Zusammenarbeit | 25 |
| 5.1 Synergie zwischen Erlangen, Karlsruhe, Saarbrücken und Bremen | 25 |
| 5.2 Reichweite | 26 |
| 5.3 Interne Kommunikation, Projekt- und Beiratstreffen | 27 |
| 5.4 Öffentlichkeitsarbeit | 29 |
| 5.5 Verstetigung | 29 |
| 6. Zusammenfassung und Ausblick | 30 |
| 7. Anhang | 32 |

Einleitung

Der vorliegende Abschlussbericht stellt die im Förderzeitraum Dezember 2014 bis Juni 2018 erarbeiteten Projektergebnisse dar. Im ersten Teil werden die didaktische Konzeption und die entwickelten unterstützenden und differenzierenden Hilfsinstrumente zusammenfassend erläutert und ihre Wirksamkeit evaluiert. Kurzexposés zu den entwickelten Schülerlaborangeboten fassen die verfügbaren Materialien zusammen und geben eine Information zur Umsetzung in den vier Partnerlaboren. Der zweite Berichtsteil stellt die erzielten Ergebnisse vor, die in Form von Veranstaltungen und Teilnehmerzahlen, Reichweiten, erfolgreichen Qualifizierungsarbeiten und nationalen wie internationalen Publikationen und Präsentationen belegt sind. Mit einer Betrachtung zur partnerschaftlichen Zusammenarbeit, der Unterstützung durch den wissenschaftlichen Beirat und die DBU sowie einer Diskussion schließt dieser Bericht. Alle im Berichtszeitraum entwickelten Unterlagen, das Arbeits- und Bildmaterial, Zahlen und Fakten zu Veranstaltungen sowie Präsentationen und Publikationen sind in digitaler Form diesem Abschlussbericht beigelegt und befinden sich in der „Dropbox“.

1. Anlass und Zielsetzung

In Deutschland ist die Spanne des Lernerfolgs von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich sehr breit. Die soziale Herkunft entscheidet wesentlich über die Bildungschancen¹. Dies gilt besonders für die Naturwissenschaften. Schülerinnen und Schüler aus sozial schwächeren und bildungsfernen Milieus haben deutlich geringere Chancen auf eine erfolgreiche Bildungskarriere². Ein wesentlicher Risikofaktor für mangelnden schulischen Erfolg bei Schülerinnen und Schülern ist ein Migrationshintergrund.

In Bremen beträgt der Bevölkerungsanteil mit Migrationshintergrund bereits über 25% und ist in manchen Stadtteilen deutlich höher. Dies ist in vielen deutschen Großstädten ähnlich. Dabei sind neben den allgemein geringeren Bildungserfolgen von Schülerinnen und Schülern mit problematischem Bildungshintergrund insbesondere auch Defizite in Fragen der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung zu finden^{3,4}, obwohl die Sensibilisierung und das Interesse an Umweltfragestellungen weitgehend unabhängig vom Leistungsniveau und besuchten Schultyp ist^{5,6}. Es scheint, dass schulische Bildung und das persönliche Umfeld keine adäquate Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für Jugendliche mit schwierigerem Bildungshintergrund leisten und dem generell positiven Interesse dieser Jugendlichen an Umweltfragestellungen nicht adäquat begegnen. Eine Teilhabe etwa an gesellschaftsbezogenen Diskursen über naturwissenschaftlich-technische Anwendungen im Unterricht, wie sie ein Kernelement einer Bildung für nachhaltige Entwicklung sind⁷, wird damit unmöglich. Da diese Überforderung durch Schule häufig auch vom persönlichen Umfeld kaum aufgefangen wird, stellt sich hier eine Aufgabe für die außerschulische Bildung, etwa ein Schülerlabor.

In immer mehr Ländern der Welt wird der formale Sektor schulischer Bildung durch nicht-formale und informelle Lernangebote ergänzt⁸. Haupt et al. (2013)⁹ sprechen sogar von einer weiteren Säule im Bildungssystem. Nicht-formale Bildungsangebote sind nicht-schulische Lernumgebungen, die dennoch eine innere Struktur und ein vorstrukturiertes Lernangebot umfassen. Sie unterscheiden sich hierin von rein informeller Bildung, etwa dem privaten Besuch im Zoo oder Museum⁶. Ein besonderes Moment der nicht-formalen Bildungsangebote nach Rauschenbach et al. (2004)¹⁰ ist dabei die Freiwilligkeit der Teilnahme. Schülerlabore, also Lernumgebungen nicht-schulischer Träger, die wesentlich auf den Besuch von

¹ Gogolin, I. (2005). *FÖRMIG - ein Portrait. Rede zur feierlichen Eröffnung des BLK-Programms "Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund-FÖRMIG"*. Hamburg.

² Stompe, A. (2005). *Armut und Bildung: PISA im Spiegel sozialer Ungleichheit. Armut und Geschlecht*. BULLETIN Nr. 29+30, 132-144

³ IW (2006). *Viel Grün hinter den Ohren*. Köln: IW. www.iwkoeln.de/de/infodienste/iwd/archiv/beitrag/32147

⁴ Michelsen, G., Grunenberg, H., & Rode, H. (2012). *Was bewegt die Jugend*. Bad Homburg: VAS.

⁵ 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.

⁶ Kleinhückelkotten, S. (2013). *Jugend, Umwelt- und Klimaschutz*. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Hößle (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels* (S. 79-94). Münster: Waxmann.

⁷ Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). *An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching*. Chemistry Education Research and Practice, 13, 93-102.

⁸ Stockmayer, S., Rennie, L., & Gilbert, J. (2010). *The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education*. Studies in Science Education, 46, 1-44.

⁹ Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). *Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung*. Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 66, 324-330

¹⁰ Rauschenbach, T., Leu, R. H., Lingenauber, S., Mack, W., Schilling, M., Schneider, K., & Züchner, I. (2004). *Non-formale und informelle Bildung im Kindes- und Jugendalter*. Berlin: MBW.

Schulklassen abzielen, bilden daher eine Zwischenform zwischen formaler und nicht-formaler Bildung, da hier ein außerschulischer Lernort vorliegt, die Besuche aber dennoch häufig als Schulveranstaltung umgesetzt werden¹¹.

Haupt et al. (2013)⁹, wie auch Schmidt et al. (2011)¹², weisen darauf hin, dass ein Schülerlabor dann am meisten Induktionspotenzial für positive Effekte besitzt, wenn sich schulisches und außerschulisches Lernen ergänzen, wenn sie sich aufeinander beziehen, sich in den aktuellen Schulunterricht und die Rahmenvorgaben der Bildungspläne einbinden und auf die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler abgestimmt sind. Dies betrifft nicht nur die curricularen Vorgaben des schulischen Lernens, sondern auch eine Passung an die spezifischen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und eine didaktische Gestaltung mit Blick auf effektives Lernen. In einem solchen Fall sind die Erfahrungen mit Schülerlaboren durchaus positiv^{13,14,15}.

Ein Schülerlabor bietet dabei auch einen besonderen Raum für das Lernen über das Wechselspiel von Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft. Es kann bei einer expliziten Ausrichtung auf eine Bildung für nachhaltige Entwicklung im Zusammenhang mit der Chemie Beiträge zu einer allgemeinen Bildung leisten und dabei den Versuch unternehmen, schulische Bildungsdefizite ein Stück weit zu kompensieren⁸. Daher möchte dieses Projekt bewusst nicht (nur) Nachmittagsangebote oder Kurse in den Ferien anbieten, sondern außerschulisches und schulisches Lernen systematisch miteinander verbinden, aber auch über die außerschulischen Bildungsträger einen Beitrag zur nicht-formalen Bildung leisten. Durch die systematische Integration dauerhaft vorgehaltener Bildungsangebote über das ganze Schuljahr in Verbindung mit Schulen und Anbindung an die Bildungspläne erhoffen wir uns eine dauerhafte Integration dieses nicht-formalen Bildungsangebotes mit der formalen Bildung in Schule.

Die Entwicklung und Implementation von sechs Schülerbildungs- und Schülerexperimentierangeboten zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für den Bereich der gesamten Sekundarstufe I (Klasse 5-10) war Ziel des Projekts. Diese Angebote haben eine Ausrichtung an chemischen und chemisch-technischen Themen mit Umwelt- oder Nachhaltigkeitsbezug und wurden an vier Schülerlaboren in Bremen, Saarbrücken, Karlsruhe und Nürnberg implementiert. Die Angebote richteten sich sowohl an Schulen wie auch an außerschulische Bildungsträger. Alleinstellungsmerkmal dieser Angebote war, dass sie speziell auch auf Lernende mit benachteiligten Bildungsbiografien abzielen. Kulturelle Unterschiede und sprachliche Defizite bei Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund und aus schwierigen sozialen Verhältnissen wurden berücksichtigt.

Jedes Lernangebot umfasste eine Einführung im Unterricht in der Schule, ein experimentelles Schülerlaborangebot, ein Angebot zur beruflichen Orientierung, sowie Hinweise zur Nachbetrachtung in der Schule. Ein Lernangebot stellte dabei Unterrichtsmaterialien für alle

¹¹ Garner, N., de Lourdes Lischke, M., Siol, A., & Eilks, I. (2014). *Learning about chemistry's contributions to sustainable development in a non-formal laboratory context for secondary level students*. In K. D. Thomas & H. E. Muga (Hrsg.), *Handbook of research on pedagogical innovations for sustainable development* (pp. 229-244). Hershey: IGI Global.

¹² Schmidt, I., Di Fuccia, D., & Ralle, B. (2011). *Außerschulische Lernstandorte*. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 64, 362-368.

¹³ Brandt, A., Möller, J., & Kohse-Hönigshaus, K. (2008). *Was bewirken außerschulische Experimentallabors?* *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 22, 5-12.

¹⁴ Streller, S., & Bolte, C. (2007). *Chemistry (in) the extra-class: An out-of-school course to enhance student interest in chemistry*. Proceedings of the 2007 ESERA conference, Malmö.

¹⁵ Zehren, W., Neber, H., & Hempelmann, R. (2013). *Forschendes Lernen im Schülerlabor*. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 66, 416-423.

Teilbereiche des Angebots bereit, auch für die durch die Lehrkraft vorzunehmende Vor- und Nachbereitung. Zur Berücksichtigung der sprachlichen Heterogenität wurden die Experimentiermaterialien sprachsensibel u.a. mithilfe verschiedener kreativer Gestaltungselemente (Comics, Internetforen-Verläufe, Blogs, Werbeanzeigen, WhatsApp-Einträge) entwickelt. Die Versuchsanleitungen sollten sich verstärkt an den Kommunikationsmedien der Schülerinnen und Schüler orientieren und dadurch ihre Motivation und ihr Interesse an der Auseinandersetzung mit umwelt- und nachhaltigkeitsrelevanten Fragestellungen fördern. Die Angebote wurden schrittweise zunächst am Standort Bremen entwickelt und danach an den drei Kooperationsstandorten adaptiert. Durch die Projektstruktur erhofften wir Wirkung über den lokalen Rahmen hinaus, da wir in vier Bundesländern arbeiten (BRE, SAR, BAY, BW) und zudem noch in das Umland von Bremen und Saarbrücken in die Bundesländer (NDS, RLP) ausstrahlen wollten. Durch die Struktur und Dokumentation der modular konzipierten Bildungsangebote war eine individuelle Zusammenstellung der Lernangebote möglich, damit sie von weiteren Schülerlaboren übernommen werden können. Parallel zur Implementation wurden die Schülerlaborangebote sukzessive auch in die Lehramtsausbildung in den Fächern Naturwissenschaften und Chemie an den beteiligten Hochschulen integriert und über Lehrerfortbildungen der beteiligten Chemielehrerfortbildungszentren verbreitet.

2. Zeitplan

Das Projekt gliederte sich grob in zwei Phasen, die inhaltlich aufeinander aufbauten (Tabelle 1) und deren Übergänge als gleitend zu verstehen waren, da sich die Arbeiten an den vier beteiligten Standorten unterschiedlich schnell entwickelten. Im 1. Projektjahr stand die Konzeption und Materialentwicklung in Bremen im Vordergrund. In einer drei monatigen Pilotierungsphase mit Praktikumsdurchläufen, an denen Lehramtsstudierende, Referendare und Schülergruppen beteiligt waren, wurden die entwickelten Materialien zyklisch optimiert. Danach wurden die Module den Partnerschülerlabors zur Implementierung und Adaption zur Verfügung gestellt.

Das zweite und dritte Jahr sollte zum einen weiterhin der Optimierung und zum anderen der Popularisierung der entwickelten Schülerlaborangebote dienen. Hierzu wurden begleitend Lehrerfortbildungen angeboten. Ebenfalls Aufgabe in der zweiten Projektphase 2016/2017 war die systematische Dokumentation und Präsentation auf Tagungen und in Publikationen. Das CUN-Vorhaben ging bis zum 30.06.2018 in die Verlängerung.

Tab. 1: Zeitplan „Nachhaltige Chemie im Schülerlabor“

| | | PHASE 1 Dez. 2014/ Nov. 2015 | | | | | | | | | | | PHASE 2 Dez. 15/ Nov. 16 | | | | PHASE 3 Dez. 16/ Dez. 17 | | | | Verlängerung 2018 | | Ende 2017 |
|--|-------------------------------------|---------------------------------|------|------|----------|------|-------------|----------|------|-------|------|------|-----------------------------|----------|-------------|------------|-----------------------------|----------|-------------|------------|----------------------|------|--------------|
| | | 1. Halbjahr | | | | | 2. Halbjahr | | | | | | 3. Halbjahr | | 4. Halbjahr | | 5. Halbjahr | | 6. Halbjahr | | 7. Halbjahr | | |
| START | | Jan. | Feb. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez.-Feb. | März-Mai | Jun-Aug. | Sept.-Nov. | Dez.-Feb. | März-Mai | Jun-Aug. | Sept.-Nov. | Jan. | Jun. | Dez. |
| 1. Koordination in Bremen | Vernetzung der Schulen | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vernetzung außerschulischer Partner | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Koordinierung und Unterstützung | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Dokumentation und Verbreitung | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projekttreffen (alle) | Alle | | | x | | | | | | | | | x | | | x | | | | | x | |
| Treffen des wissenschaftlichen Beirats | Alle | | | x | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | |
| 2. Öffentlichkeitsarbeit | Logo, Templates, Poster | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Webauftritt und Pressearbeit | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lehrerfortbildung | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Publikation und Dissemination | Alle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Berichterstattung DBU | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Entwicklung der Bausteine | Baustein 1+2 für Jg. 5/6 | UniHB | BS 1 | | | BS 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Baustein 3+4 für Jg. 7/8 | UniHB | | BS 3 | | | BS 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Baustein 5+6 für Jg. 9/10 | UniHB | | | | | | | BS 5 | | | BS 6 | | | | | | | | | | | |
| | Übersetzung | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Evaluation | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Optimierung der Angebote | UniHB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Implementierung und Verstetigung | Adaption | Alle | | | BS 1 + 3 | | | BS 2 + 4 | | | | | BS 5 | | BS 6 | | | | | | | | |
| | Implementierung | Alle | | | | BS 1 | | | BS 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Alle | | | | | BS 3 | | | BS 4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Alle | | | | | | | | | | | BS 5 | | BS 6 | | | | | | | | |

3. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

3.1 Entwicklung, Adaption und Implementation der Schülerlaborangebote

Ziel des Projekts war die Entwicklung und Implementation von Schülerbildungs- und Schülerexperimentierangeboten in Kooperation des Instituts für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Bremen mit dem „Schülerlabor FreiEx“ und deren Umsetzung in drei weiteren Schülerlaboren in Saarbrücken, Karlsruhe und Nürnberg. Die zentrale Herausforderung bei der Auswahl der Themen war es, zum einen aktuelle Beiträge zur Nachhaltigkeitsdebatte anwendungsbezogen und verständlich für Schülerinnen und Schüler zu gestalten und gleichzeitig einen bundesländerübergreifenden Lehrplanbezug herzustellen. Eine Übersicht über die neu erschlossenen Themen gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Übersicht über die Modulthemen

| Alter | Thema |
|-------|--|
| 10-12 | Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt |
| 10-12 | Die Qualität von Wasser untersuchen und verbessern |
| 12-14 | Metallische Gegenstände schützen und bewahren |
| 12-14 | Beiträge der Chemie zu nachhaltiger Mobilität |
| 14-16 | Energiespeicher für die Energiewende |
| 14-16 | Biokunststoffe für eine nachhaltige Zukunft |

Alleinstellungsmerkmal dieser Angebote war, dass sie speziell auch auf Lernende mit benachteiligten Bildungsbiografien abzielen und kulturelle Unterschiede und sprachliche Defizite bei Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund und aus schwierigen sozialen Verhältnissen berücksichtigen. Hierzu wurden Lernangebote zu umwelt- und nachhaltigkeitsrelevanten Fragestellungen entwickelt, die den kognitiven, sprachlichen, aber ebenso kulturellen Voraussetzungen auch dieser in ihrer Bildungsbiographie benachteiligten Jugendlichen gerecht werden. Durch Veränderungen im inhaltlichen Zugang, eine verbreiterte Methodik und Erweiterungen in der Darstellungsform der Arbeitsmaterialien (u.a. offene Binnendifferenzierung, stärker piktoriale oder mehrsprachige Arbeitsvorschläge und Versuchsanleitungen, sorgfältige Nutzung von Rollenmodellen, Bezug zu Themen aus den Herkunftsländern, migrationssensitive Sprachwahl; Leisen, 2005¹⁶; Markic, Childs & Broggy, 2013¹⁷; Markic & Bruns, 2013¹⁸; Markic & Klußmann, 2013¹⁹) sollte dies geschehen. Hierbei konnte erstmalig ein breit angelegtes Schülerlaborprojekt mit dieser spezifischen inhaltlichen Ausrichtung und Zielgruppe initiiert werden, das themengleich in vier Bundesländern aktiv wurde.

Zur methodischen Umsetzung der Arbeit mit in ihrer Bildungsbiographie benachteiligten Schülerinnen und Schüler wurde eine differenzierende Lernumgebung im Sinne des Lernens an Stationen entwickelt. In unserem Konzept wurden im Labor und ggf. anderen Räumen

¹⁶ Leisen, J. (2005). *Sprachhilfen für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund*. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 3, 21-25.

¹⁷ Markic, S., Broggy, J., & Childs, P. (2013). *How to deal with linguistic issues in the chemistry classroom*. In I. Eilks & A. Hofstein (Hrsg.), *Teaching Chemistry - A studybook* (S. 127-152), Rotterdam: Sense.

¹⁸ Markic, S., & Bruns, H. (2013). *Stoffe erkunden - Materialien zum Umgang mit sprachlicher Heterogenität*. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 24 (133), 20-25.

¹⁹ Markic, S., & Klußmann, A.-X. (2013). *Comics im sprachlich heterogenen Chemieunterricht*. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 24 (133), 34-35.

Experimentier- und Theoriestationen angeboten, die die Lernenden frei oder nach bestimmten Regeln (Pflicht-, Wahl- und Wahlpflichtstationen, Vorgaben oder Offenheit in der Reihenfolge, Freiheit oder Vorgaben in der Sozialform, zeitliche Vorgaben) oder Rahmenbedingungen (Sicherheitsaspekte, Zeit, Mindestanzahl) absolvieren. Der Umfang der Stationen ist in Dauer, Anspruch und Hilfen dabei so gestaltet, dass sich eine geöffnete und differenzierende Lernumgebung ergibt. An den Stationen werden abgestufte Lernhilfen angeboten, um der zu erwartenden hohen Heterogenität Rechnung zu tragen.

3.2 Differenzierungsmodell

Die Schülerlaborangebote wurden so gestaltet, dass sie sowohl an verschiedene Lerngruppen adaptierbar sind und dabei gleichzeitig ein hohes Maß an innerer Differenzierung bezüglich der Leistungs- und Sprachheterogenität der Gruppe aufweisen^{20,21}. Leistungsfähige Schülerinnen und Schüler sollten herausgefordert, aber auch Schülerinnen und Schüler mit eingeschränkteren Lernvoraussetzungen, über Themen aus der Nachhaltigkeitsdebatte lernen und sich in entsprechenden Themenbereichen orientieren können. Wichtigste Zielgruppe waren schulischen Lerngruppen, die sich durch ein immer größeres Maß an Heterogenität auszeichnen (insbesondere an integrierten Schulformen und aus städtischen Räumen). Angeboten wurden die Schülerlaborangebote aber auch in der außerschulischen Bildung, wo sich nicht selten ebenfalls sehr heterogen zusammengesetzte Lerngruppen finden. Die Versuchsvorschriften wurden durch verschiedene Methoden eines sprachsensiblen Unterrichts ergänzt, um somit die unterschiedlichen Sprachkompetenzen der Schülerinnen und Schüler aufzufangen.

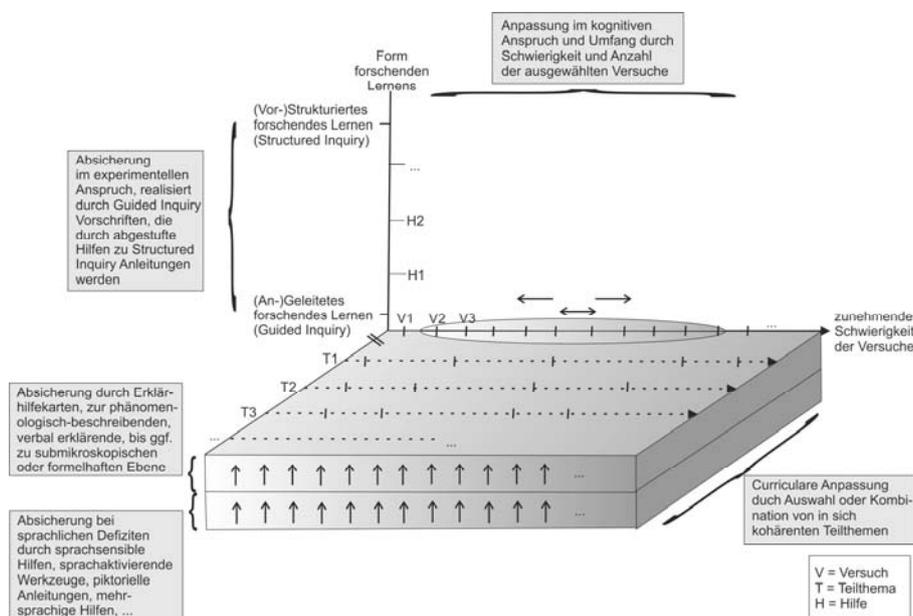


Abb. 1: Das Differenzierungsmodell für Experimentierangebote am Beispiel des Bausteins 4 „Nachhaltige Mobilität“ (erstellt von F. Affeldt & I. Eilks)²²

²⁰ 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.

²¹ Leisen, Josef (Hrsg.): *Methoden-Handbuch deutschsprachiger Fachunterricht* (DFU). Bonn: Varus, 1999.

²² Affeldt, F., Markic, S., Siol, A., Eilks, I. (2018). *Neue Ansätze zur Differenzierung im Schülerlabor*. CHEMKON, angenommen / im Druck

Erreicht werden sollten die Adaptierbarkeit und die Optionen zur inneren Differenzierung durch ein komplexes, aber kohärentes Differenzierungsmodell, das für dieses Projekt entwickelt und in der Durchführung des Projekts in seiner Anwendbarkeit optimiert werden konnte. Kombiniert wurden Differenzierungsmaßnahmen, die das experimentelle Arbeiten, die Lernvoraussetzungen, den kognitiven Anspruch der Erklärungen sowie sprachlich bedingte Heterogenität berücksichtigen.^{23,24}

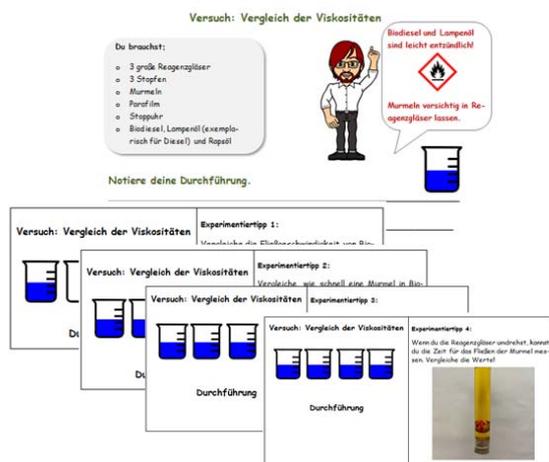
Im Einzelnen umfasst das Modell folgende Maßnahmen:

- Erstellt wurden Schülerlaborangebote für jeweils 3 Zeitstunden, die modular aus in sich kohärenten Teilthemen aufgebaut sind. Diese können im Umfang und der thematischen Ausrichtung mit Blick auf die jeweilige Lerngruppe angepasst werden. Jedes Schülerlaborangebot hat 3-5 solcher, in sich kohärenter Teilthemen, aus denen in Absprache mit der Lehrkraft bzw. den Betreuern einer außerschulischen Lerngruppe eine Auswahl getroffen wird.
- Jedes Teilthema besteht aus 3-5 Versuchen, die bezüglich der Durchführbarkeit und somit auch motorischen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler eine Bandbreite von „einfach“ bis „anspruchsvoll“ für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I abdecken. Jedes Modul besteht somit aus 10-20 in ihrer Schwierigkeit gestaffelten Versuchen, aus denen die Auswahl getroffen wird.
- Alle Versuchsanleitungen werden im Sinne der *Guided Inquiry* (angeleitetes forschendes Lernen mit gegebener Problemstellung aber offenem Lösungsweg) gestaltet. Diese sind mit Experimentierhilfekarten hinterlegt, so dass bei Nutzung der Karten auch ein *Structured Inquiry* (vorstrukturiertes forschendes Lernen mit schrittweise angeleitetem Lösungsweg) bis ggf. zum *Confirmatory Learning* (gegebene Problemstellung mit gegebenem Lösungsweg) möglich wird.
- Für alle Versuche gibt es abgestufte Tippkarten, die eine Differenzierung im einfachsten Fall hin zur phänomenologisch-beschreibender Ebene, über eine verbal erklärende Ebene bis ggf. zu einer auch submikroskopischen oder formelhaften Ebene erlauben. Diese Hilfen sind auf die Experimentiertippkarten abgestimmt, so dass experimentelle Bearbeitung und fachliche Erklärung in sich stimmig entwickelt werden können.
- Zur Berücksichtigung sprachlicher Heterogenität werden die Versuchsanleitungen nach der Idee des Content and Language Integrated Learnings (CLIL) sprachlich-sensibel gestaltet. Dies betrifft sowohl eine angemessene Sprache, gestaltet nach gängigen Regeln für einen sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Unterricht, wie auch die Nutzung kreativer Anleitungstechniken. Diese kreativen Anleitungstechniken kommen mit wenig Sprachvolumen aus. So werden Versuchsanleitungen über Comics, Bilderfolgen oder Internetforenverläufe gestaltet, die die Hürde der Auseinandersetzung mit klassischen Textelementen abbauen und teilweise umgehen. Zusätzlich gibt es für alle Versuche allgemeine und spezifische sprachliche Hilfen (z.B. Worteländer, C-Texte, Wortlisten), die beim Verständnis der Experimentieranleitungen und

²³ Affeldt, F.; Siol, A.; Eilks, I. (2018): *Umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Themen im Schülerlabor differenziert gestalten: Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit - Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler*. In: LernortLabor (Hrsg.): MINT.Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren, Berlin: LernortLabor, 104-107

²⁴ 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. doi:10.3390/educsci5030238

3.4 Berücksichtigung der Heterogenität



Die Differenzierung innerhalb eines Versuches sollte durch die Verwendung verschiedener Hilfen erreicht werden. Mithilfe der Karten kann ein vorstrukturiertes forschendes Lernen mit schrittweise angeleitetem Lösungsweg oder auch forschendes Lernen ohne vorgegebenem Lösungsweg möglich werden.

Abb. 3: Ausschnitt einer Versuchsanleitung und abgestufte Experimentierhilfekarten



Abb. 4: Ausschnitt einer Versuchsanleitung und abgestufte Experimentierhilfekarten

Zur Berücksichtigung der sprachlichen Heterogenität wurden die Versuchsanleitungen sprachsensibel gestaltet. Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein Skript mit allen von ihrer Lehrkraft oder dem Projektteam ausgewählten Versuchen. Dieses Skript enthält zudem ein Einführungcomic, eine Geräteliste, einen Laufzettel, ein Glossar und ein Abschlusscomic. Die Geräteliste und das Glossar dienen als sprachfördernde Hilfsmittel und sollen die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren unterstützen. Die sprachensible Gestaltung betrifft sowohl eine angemessene Sprache, wie auch die Nutzung kreativer Anleitungstechniken. Diese Anleitungstechniken kommen mit wenig Sprachvolumen aus. So werden Versuchsanleitungen über Comics, Bilderfolgen oder Internetforenverläufe gestaltet, die die Hürde der Auseinandersetzung mit klassischen Textelementen abbauen und teilweise umgehen. Schülerinnen und Schüler werden in ihrem Alltag mit

tausenden von Werbeanzeigen konfrontiert und nutzen soziale Netzwerke, wie facebook und gute-frage.net. Besonders beliebt sind Sharing-Apps, wie What's App und Instagram. Die Anleitungen sollen sich verstärkt an die Kommunikationsmedien der jungen Teilnehmer orientieren und dadurch Motivation und Interesse an der Auseinandersetzung mit umwelt- und nachhaltigkeitsrelevanten Fragestellungen fördern^{27,28,29}.

²⁷ 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

²⁸ Affeldt, F., Meinhart, D., Eilks, I. (2018). *The use of comics in experimental instructions in a non-formal chemistry learning context*. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, angenommen / im Druck

²⁹ Affeldt, F. & Eilks, I. (2018). *Facebook, Instagram & Co.: Using Internet and social media designs to contextualize science inquiry learning*. *School Science Review*, angenommen / im Druck

3.5 Lehrerinformation, Auswahlhilfen und Gestaltung/Planung eines Laborbesuchs

Entwickelt wurden sechs halbtägige Bildungsangebote für die Altersspanne von 10-16 Jahren (Sekundarstufe I, Klasse 5 – 10, der Oberschulen in Bremen, Werkreal- und Realschulen in Baden-Württemberg, Real- und Gesamt-/Mittel-/Gemeinschaftsschule in Bayern und im Saarland). Alle Bausteine stehen in einem thematischen Zusammenhang mit üblichen Themen der Bildungspläne für die Naturwissenschaften und den Chemieunterricht, so dass eine direkte Anbindung an den Unterricht in der Schule gewährleistet war und ist. Diese modulare binnendifferenzierende Angebotsstruktur erlaubt Lehrenden eine optimale Anpassung an die individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse ihrer Lerngruppen.

Das Material umfasst dabei eine Einführung im Unterricht in der Schule, ein Schülerlaborangebot, ein optionales Kontaktangebot zur beruflichen Orientierung, sowie eine Nachbetrachtung in der Schule. Ein Modulhandbuch stellt Unterrichtsmaterialien für alle Teilbereiche des Moduls bereit, auch für die durch die Lehrkraft vorzunehmende Vor- und Nachbereitung sowie zu deren eigener inhaltlicher Vorbereitung sind Hintergrundinformationen zum Thema in einem Lehrerhandbuch zu finden.

Tab. 3: Struktur der Modulbausteine und Materialien

| Material | Inhalt |
|--------------------|--|
| Modulhandbuch | Deckblatt mit Einführungscomic |
| | Geräteübersicht |
| | Laufzettel |
| | Versuchsvorschriften mit Tippkarten |
| | Glossar |
| Lehrerhandreichung | Einführung in das Thema (Präsentation) |
| | Hintergrundinformationen |
| | Auswahlhilfe |
| Sicherheit | Sicherheit im Labor (Präsentation) |
| | Gefahrstoff-Kataster |
| | Entsorgung |
| Labor | Material- und Gerätelisten |
| | Bezugsquellen |

Für den Schülerlaborbesuch gibt es je Modulbaustein ein etwa 20 Versuche und Lernangebote umfassendes Portfolio, aus denen entsprechend der Intention des Unterrichts in der Schule ausgewählt werden kann. Um den Lehrkräften die Auswahl geeigneter Experimente und Praktikumsinhalte zu erleichtern, wurden Übersichtstabellen entwickelt, die die Schwierigkeitsgrade, Inhalte und den benötigten Zeitumfang darstellen. So lässt sich durch die modulare Gestaltung unserer Angebote ein Schülerlaborbesuch möglichst gut in den schulischen Unterrichtsgang einbinden und anpassen. Für interessierte Lehrerinnen und Lehrern wurden ergänzend verschiedene Materialien zur Vor- und Nachbereitung zur Verfügung gestellt. Für den Besuch einer Schulklasse im Schülerlabor im Umfang von 3 Stunden und bei durchschnittlichen, mittellangen Aktivitäten sollten etwa 6-8 Stationen ausreichen (die auch mehrfach angeboten werden können, um Staus zu vermeiden).

3.6 Exposés der Modulangebote

Die Exposés stellen eine inhaltliche Übersicht der entwickelten Schülerlaborangebote dar und sollen einen kurzen Eindruck über die Umsetzung und die Besucherzahlen geben.

3.6.1 Modul 1 „Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt“

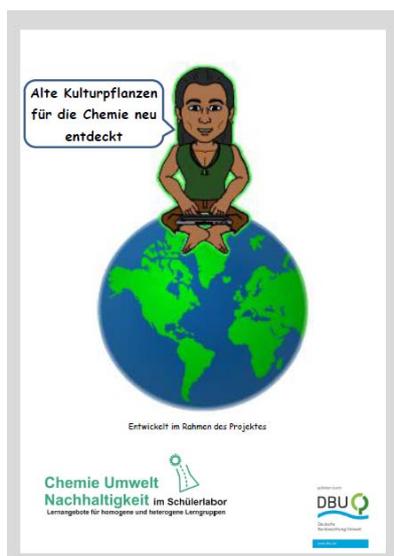


Abb.5: Titelbild zum Baustein 1: Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt

Zurzeit erleben alte Kulturpflanzen eine Renaissance als Lieferanten für Arzneimittel, Farbstoffe und als reizstoffarme Lebensmittel für Allergiker. In der Landwirtschaft werden sie wieder als Futter- und Energiepflanzen kultiviert. Faserliefernde Pflanzen werden in neuartigen Werkstoffen verwendet. Dieses Angebot für die Jahrgangsstufe 5 und 6 wurde im Rahmen der Promotionsarbeit von Fiona Affeldt entwickelt. Gemäß dem Differenzierungsmodell (siehe Kap 3.2, Seite 7) erwies sich daher die Gliederung dieses Angebots in die vier Teilthemen „Körperpflege“, „Heilmittel“, „Farbstoffe“ sowie „Lebensmittel“ als sinnvoll. Einfache Arbeitstechniken und Methoden zur Untersuchung von pflanzlichen Materialien wurden für die sehr jungen „Forscherinnen und Forscher“ altersgerecht aufbereitet, damit sie moderne und ökologisch innovative Rohstoffe und Produkte kennen lernen. In Tabelle 4 ist das Inhaltsverzeichnis des Schülerlaborangebotes „Alte Kulturpflanzen“ wiedergegeben.

Tab.4: Baustein 1 „Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt“

| Baustein 1 | „Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt“ (NaWi 5/6) |
|---------------------|---|
| Körperpflege | Wahrnehmung: Eigenschaften von Pflanzen als Aroma- und Geruchsstoffe Duftwasser, Haargel, Badebombe, Seife herstellen |
| Heilmittel | Pflanzeninhaltsstoffe und ihre Nutzung in der Medizin: Creme und Salbe herstellen, Tee und Bonbons gewinnen |
| Farbstoffe | Farbigkeit der Pflanzen nutzen, Farbstoffe gewinnen: Färbetechniken, Methoden zur Farbstoffextraktion aus Pflanzen, Herstellung einer Leinölfarbe |
| Lebensmittel | Pflanzeninhaltsstoffe in Lebensmittel untersuchen: Kartoffeln als Stärkespeicher, Öl aus Oliven, Kaffeebohnen |

Die Schülerinnen und Schüler können dabei erste methodische Grundlagen zu Stoffeigenschaften und Trennverfahren erlernen, die die Basis für alle weiterführenden Schülerlaborbesuche bzw. nachfolgenden Tätigkeiten in einem chemischen Labor bilden. Die einzelnen Vorschriften wurden ebenfalls im Sinne des *Scientific inquiry* offen formuliert, grafisch und sprachlich aufbereitet und durch Tipp-Karten ergänzt.

Insgesamt können die Lehrkräfte aus einem Portfolio von 21 Experimenten ein auf die Fähigkeiten ihrer Lerngruppe maßgeschneidertes Angebot zusammenstellen. Ergänzend sind eine Lehrerhandreichung mit Hintergrundinformationen, Vorschlägen zur Einleitung in das Thema, Materialübersichten sowie Tipps und Sicherheitsanweisungen aufbereitet worden.

| Modul 1 | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Veranstaltungen | 34 | 20 | | | 14 |
| Teilnehmer | 772 | 391 | | | 381 |

Das Modulhandbuch und alle weiteren Unterlagen sind als Komplettpaket digital im Anhang unter A3.1 zu finden.

3.6.2 Modul 2 „Die Qualität von Wasser untersuchen und verbessern“

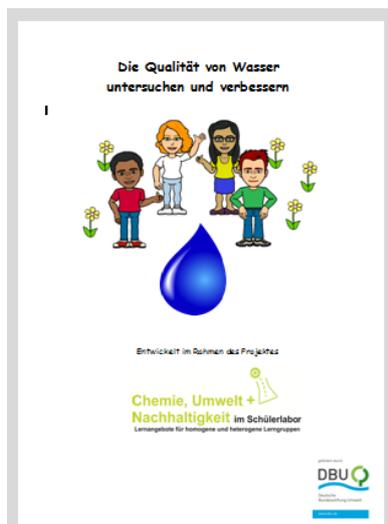


Abb.6: Titelbild zum Baustein 2: Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt

Dieses Modul wurde im Rahmen einer Masterarbeit von Juliane Wichmann erstellt. Beim Thema Wasser geht es in den Bildungsplänen des naturwissenschaftlichen (Anfangs-) Unterricht der Jahrgänge 5/6 u.a. um die Stofftrennung, das Löseverhalten und die Unterscheidung verschiedener Wasser (Trink-, Fluss-, Mineralwasser). Der Nachhaltigkeitsbezug wird hier auf Fragen zur Analyse und Qualität verschiedener Wasser und Fragen des Gewässer- und Umweltschutzes fokussiert und mit einfachen Untersuchungsmethoden und chem.-physik. Arbeitstechniken erweitert. Die Gliederung in die drei Teilthemen „Eigenschaften“, „Trennverfahren“ sowie „Wasser-untersuchung“ erwies für diese Zielgruppe als sinnvoll. Es stehen insgesamt 17 Versuche zur Auswahl. In Tabelle 5 sind die Inhalte dieses Schülerlaborangebotes wiedergegeben.

Tab. 5: Baustein 2 „Die Qualität von Wasser untersuchen und verbessern“

| Baustein 2 | „Die Qualität von Wasser untersuchen und verbessern“ (NaWi 5/6) |
|--------------------------|---|
| Eigenschaften | Stoffbeschreibung / Modellvorstellung |
| Station 1-5 | Was kann Wasser? Versuche zum Löslichkeitsverhalten verschiedener Stoffe Gase / Feststoffe / Gelöste Stoffe im Wasser, Versuche mit der Chromatografie |
| Trennverfahren | Sieben, filtrieren, destillieren, verschiedene Wasser in ihre Komponenten zerlegen (- chem. Grundtechniken) |
| Station 1-7 | Ein eigenes Klärwerk erfinden / Innovationen im Klärwerk durch neue Adsorptionstechniken Aufgaben zu verschiedenen Aspekten der Wasserver- und -entsorgung |
| Wasseranalysen | Anwendung der chem.-physikalischen Grundtechniken |
| Station 1-5 | Was ist im Wasser enthalten? Versuche mit Binokular und Mikroskop |
| Advance Organizer | Rund um das Thema Wasser |

Ohne dass ein weiterer Tagesausflug zum kommunalen Klärwerk notwendig ist, wurden ergänzend multimediale Angebote zur Abrundung des Laborbesuches und zur beruflichen Orientierung entwickelt und einbezogen. Für die Schülerinnen und Schüler wird so der sinnvolle Bezug von Anwendung chemischer Verfahren einerseits und des gesellschaftlichen Nutzens durch technische Umsetzung andererseits sehr deutlich nachvollziehbar.

In allen vier Partnerlabors war dieses Angebot das beliebteste Modul (Anhang A3.2). Es wurden im Förderzeitraum 144 Veranstaltungen mit über 3.250 Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

| Modul 2 | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|-----------------|--------|------|------|-----|-----|
| Veranstaltungen | 144 | 51 | 51 | 23 | 19 |
| Teilnehmer | 3256 | 1126 | 1201 | 477 | 452 |

3.6.3 Modul 3 „Metallische Gegenstände schützen und bewahren“



Abb.7: Titelbild zum Baustein 3: „Metallische Gegenstände schützen und bewahren“

In Anlehnung an die betreffenden Landesbildungspläne fand sich als ein übereinstimmender Inhalt für die Jahrgänge 7 und 8 das Thema „Metalle“. Katharina Weitz hat im Rahmen ihrer Masterarbeit dieses Modul unter Berücksichtigung einer offenen Binnendifferenzierung erarbeitet. Der Schwerpunkt dieses Angebots liegt dabei auf dem Schutz und der Bewahrung metallischer Werkstoffe durch die Anwendung verschiedener chemisch-technischer Verfahren. Hierzu können die Schülerinnen und Schüler sowohl auf ihre in den Schuljahren 5/6 erworbenen methodischen Grundlagen zu Stoffeigenschaften und Trennverfahren zurückgreifen, als auch neue Erkenntnisse zu den jahrgangsspezifischen Lerninhalten [Elemente, Metalle, Verbindungen] praktisch anwenden. Die vier Teilthemen „Rostbedingungen“, „Korrosion“, „Metallüberzüge“ sowie „Korrosionsschutz“ gliedern dieses Angebot sinnvoll. In Tabelle 6 ist das Inhaltsverzeichnis des Schülerlaborangebotes „Metalle“

wiedergegeben.

Tab. 6: Baustein 3 „Metallische Gegenstände schützen und bewahren“

| Baustein 3 „Metallische Gegenstände schützen und bewahren“ (Sek. I, 7/8) | |
|--|---|
| Oxidherstellung / Rostbedingungen | Was ist eigentlich Rost? Untersuchung und Herstellung verschiedener Eisenoxide |
| Station 1-6 | Korrosion bei verschiedenen Metallen vergleichen Die Bedingungen des Rostens untersuchen |
| Korrosion | Wie verhält sich Kupfer im Wasser und an der Luft? |
| Station 1-5 | Das eigentümliche Verhalten von Aluminium bei Eis, Schnee und Streusalz |
| Korrosionsschutz | Korrosionsschutz durch Lacke / Hausmittel |
| Station 1-3 | Korrosionsschutz durch Opferanoden |
| Metallüberzüge | Verzinken, Passivieren und Eloxieren |
| Station 1-7 | Das Alchimistengold |
| Advance Organizer | Was macht eigentlich ein Galvaniseur? |

Insgesamt können die Lehrkräfte aus einem Portfolio von 21 Experimenten ein auf die Fähigkeiten und Vorkenntnisse ihrer Lerngruppe maßgeschneidertes Angebot zusammenstellen. Wie bei allen Schülerlaborangeboten sind ergänzend eine Lehrerversion mit Vorschlägen zur Einleitung in das Thema, Tipps und Sicherheitsanweisungen als auch Hintergrundinformationen zur Berufsorientierung zusammengefasst.

In drei Partnerlaboren wurde dieses Angebot sehr gut angewählt. Es wurden im Förderzeitraum 67 Veranstaltungen mit über 1.550 Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

| Modul 3 | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Veranstaltungen | 67 | 32 | 2 | 20 | 13 |
| Teilnehmer | 1564 | 722 | 53 | 464 | 325 |

Im Anhang A3.3 befindet sich das komplette Schülerlaborangebot zum Thema „Metalle“ incl. eines „Best of“-Skripts zur Ansicht.

3.6.4 Modul 4 „Beiträge der Chemie zur nachhaltigen Mobilität“

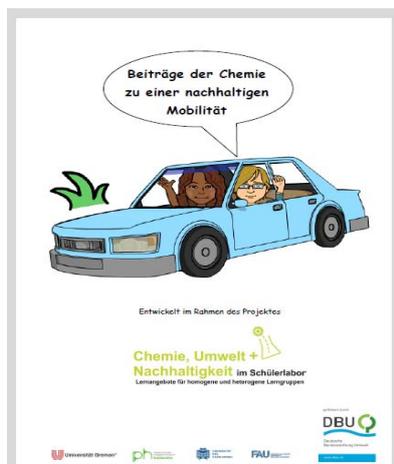


Abb. 8: Titelbild zum Baustein 4: „Beiträge der Chemie zur nachhaltigen Mobilität“

Dieses Modul für die Jahrgangsstufe 7 und 8 wurde im Rahmen der Promotionsarbeit von Fiona Affeldt entwickelt. Das Teilthema 1 dieses Moduls beschäftigt sich mit den Eigenschaften (Viskosität, Flammpunkt und Heizwert), der Herstellung und dem Antrieb eines Motors mit Biodiesel. Im Teilthema 2 können die Schülerinnen und Schüler etwas über den Biotreibstoff Bioethanol erfahren. Dabei geht es insbesondere um die schrittweise Herstellung des Alkohols aus Holz. Teilthema 3 bezieht sich auf Wasserstoff als Treibstoff und Wasserstofftechnologie als innovativen Antrieb. Die Teilnehmer können Wasserstoff als Alternative zu den herkömmlichen Treibstoffen untersuchen und diskutieren. Sie lernen die Herstellung von Wasserstoff kennen und setzen sich mit dem Brennstoffzellenauto auseinander. Das Teilthema 4 greift das Prinzip des Leichtbaus auf. Es untersucht Werkstoffe in der Leichtbauweise, wie Faserverbundwerkstoffe und Metallschaum. Die Herstellung sowie die mechanische Belastbarkeit dieser Werkstoffe stehen dabei im Vordergrund. In Tabelle 7 sind die Inhalte wiedergegeben.

Tab. 7: Baustein 4 „Beiträge der Chemie zur nachhaltigen Mobilität“

| Baustein 4 „Beiträge der Chemie zur nachhaltigen Mobilität“ (Sek. 1, 7/8) | |
|---|--|
| Biodiesel | Herstellung von Biodiesel |
| Station 1-5 | Untersuchung der Eigenschaften im Vergleich zum mit Bioethanol bzw. einem Alkangemisch |
| Bioethanol | Herstellung von Bioethanol |
| Station 1-5 | Untersuchung der Eigenschaften Bioethanol |
| Wasserstoff-technologie | Elektrolyse, Verbrennung von H ₂ , Eudiometer |
| Station 1-4 | Brennstoffzelle |
| Leichtbau beim Fahrzeugbau | Eigenschaftsvergleich verschiedener Werkstoffe |
| Station 1-5 | Herstellung von Faserverbundmaterial und Metallschäumen |
| Advance Organizer | Berufe, Firmen und Produkte rund um Biodiesel, Bioethanol, Wasserstofftechnologie im Fahrzeug und Leichtbauweise |

Insgesamt können die Lehrerinnen und Lehrer aus einem Portfolio von 19 Experimenten ein auf die Fähigkeiten und Vorkenntnisse ihrer Lerngruppe maßgeschneidertes Angebot zusammenstellen. Wie bei allen Schülerlaborangeboten sind ergänzend eine Lehrerversion mit Vorschlägen zur Einleitung in das Thema, Tipps und Sicherheitsanweisungen verfügbar.

Leider stieß dieses Angebot zu alternativen Antriebstechnologien, Treibstoffen und Werkstoffen kaum auf Interesse. Lediglich in Bremen und im Saarland wurden 7 Veranstaltungen mit rund 100 Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

| Modul 4 | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Veranstaltungen | 7 | 3 | 4 | | |
| Teilnehmer | 113 | 38 | 75 | | |

Im Anhang A3.4 befindet sich das Schülerlaborangebot zum Thema „Mobilität“ zur Ansicht.

3.6.5 Modul 5 „Energiespeicher für die Energiewende“



Abb. 9: Titelbild des Moduls 5 „Energiespeicher für die Energiewende“

Dieser Modulbaustein ist im Rahmen einer Masterarbeit von Julian Kauffeld entwickelt worden. Thematisiert wurden in diesem 1. Themenfeld die elektrochemischen Grundlagen zur Funktionsweise galvanischer Elemente, die Elektrolyse von Rotkohlsaft und die Prinzipien der Ionenwanderung sowie die Voltasäule als erster Energiespeicher. Das 2. Themenfeld befasst sich mit dem Aufbau, der Funktion und Leistungsgrenzen moderner Lithium-Akkumulatoren. Die Gewinnung von Wasserstoff in der Brennstoffzelle ist Bestandteil des 3. Themenfeldes. Ferner wurde die chemische Umsetzung und temperaturabhängige Speicherung von H₂ an verschiedenen Katalysatoren (Fischer-Tropsch, Power to Gas) bzw. organischen Trägersubstanzen (LOHC) thematisiert. Das 4. Themenfeld befasst sich mit der Gewinnung und Umwandlung von Solarenergie. In der Grätzelzelle werden FTO beschichtete Gläser kombiniert, mit verschiedenen Farbstoff-Lösungen beaufschlagt und deren Leistungserträge ermittelt.

Tab. 8: Baustein 5 „Energiespeicher für die Energiewende“

| Baustein 5 „Energiespeicher für die Energiewende“ (Sek. I, 9/10) | |
|--|---|
| Elektrochemische Grundlagen | Galvanische Elemente, Voltasäule als erster Energiespeicher, Elektrolyse und Ionenwanderung |
| Akkumulatoren | Schwerpunkt Li-Ionen-Akku: Li-Akku lädt Blau, mit Graphit, Nachweis des eingelagerten Li, mit erhöhter Leistung |
| Wasserstoff | Hoffmann, Wasserstoffauto (Brennstoff-Zelle), Power to Gas – Gas to Power, LOHC – Aromatische Verbindungen als Wasserstoffträger |
| Solarenergie / Umwandlung | Smart Windows (Beschichtung von FTO-Gläsern mit Berliner Blau und dessen Umfärbung), Grätzelzelle (Iod-Uhr, Pflanzenfarbstoffe, Eosin), „Akku leer – Licht an!“ Herstellung / Anwendung von PPB |

Eine schülergerechte Umsetzung dieser neuen Technologien ist sowohl theoretisch, sicherheitstechnisch als auch praktisch recht anspruchsvoll. Dieses Modul ist nach dem Baukastensystem konzipiert und bietet 15 variabel kombinierbare Experimente. Jedes Teilthema umfasst dabei ausreichend Lernstoff, dass es jeweils einen Schülerlaborbesuch rechtfertigen würde.

Besonders beliebt war dieses Modul (Anhang A3.5) mit 27 Veranstaltungen und 530 Teilnehmern im Saarland. Insgesamt haben an den drei Standorten über 850 Teilnehmer in 43 Veranstaltungen dieses Schülerlaborangebot wahrgenommen.

| Modul 5 | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Veranstaltungen | 43 | 7 | 27 | 2 | 7 |
| Teilnehmer | 826 | 103 | 530 | | 193 |

3.6.6 Modul 6 „Biokunststoffe“



Abb. 10: Titelbild des Moduls 6 „Biokunststoffe“

Der Schwerpunkt des Schülerlaborangebots „Biokunststoffe“ für die Jahrgangsstufe 9 und 10 liegt auf der Untersuchung von Eigenschaften verschiedener Kunststoffe. Es wurde im Rahmen einer Masterarbeit von Anna Lena Schmalstieg entwickelt. Die Kunststoffe auf Basis verschiedener nachwachsender Rohstoffe sollen von den Schülerinnen und Schülern hergestellt und der Herstellungsprozess sowie die technischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten der Produkte mit denen von Kunststoffen auf Basis fossiler Rohstoffe verglichen werden. Ferner bietet dieses Modul einfache Versuche zum Recycling und biologischen Abbau bei der Kompostierung an. In Tabelle 9 ist das Inhaltsverzeichnis des Schülerlaborangebotes „Biokunststoffe“ wiedergegeben.

Tab. 9: Baustein 6 „Biokunststoffe“

| Baustein 6 „Biokunststoffe“ (Sek. I, 9/10) | |
|--|---|
| Eigenschaften | pH-Beständigkeit, Nachweis der Elemente |
| Station 1-7 | Schmelz-, Brenn- und Bruchverhalten, Dichte, Löslichkeit, |
| Herstellung | Biokunststoffe aus Chitosan, Cellulose, Stärke, Milch, Bananenschalen |
| Station 1-7 | Vulkanisation von Latex |
| Anwendungen | Gummi-Recycling, Kaltzerkleinerung, Abbau, Kompostierung |
| Station 1-6 | Essgeschirr, Stärkeschalen |

Die fachlichen Grundlagen zu Stoffeigenschaften und chemisch-technischen Labormethoden bilden die Grundlage dieses Angebots. Die Gliederung in die drei Teilthemen „Eigenschaften“, „Herstellung“ sowie „Anwendung“ erwies sich als sinnvoll. Insgesamt können die Lehrerinnen und Lehrer aus einem Portfolio von 20 Experimenten ein auf die Fähigkeiten und Vorkenntnisse ihrer Lerngruppe maßgeschneidertes Angebot zusammenstellen. Wie bei allen Schülerlaborangeboten ist ergänzend eine Lehrerversion mit Vorschlägen zur Einleitung in das Thema, Tipps und Sicherheitsanweisungen als auch Hintergrundinformationen zur Berufsorientierung zusammengefasst.

Besonders beliebt war dieses Modul mit 27 Veranstaltungen und knapp 590 Teilnehmern in Bremen. Insgesamt haben an den 4 Standorten über 830 Teilnehmer in 37 Veranstaltungen dieses Schülerlaborangebot wahrgenommen.

| Modul 6 | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Veranstaltungen | 37 | 27 | 3 | 4 | 3 |
| Teilnehmer | 836 | 588 | 62 | 111 | 75 |

Im Anhang A3.6 befindet sich das komplette Schülerlaborangebot zum Thema „Biokunststoffe“ zur Ansicht.

3.6.7 Gemischte Angebote

Im Rahmen verschiedener Campus-Aktionstage, Ausstellungen, Lehrerfortbildungs- und Lehrveranstaltungen etc. wurden aus den 6 Bausteinen geeignete Mix-Angebote und Laborpraktika zusammengestellt. Insgesamt wurden an den 4 Standorten etwa 550 Teilnehmer in 35 Veranstaltungen erreicht.

| Gemischte Angebote | gesamt | UHB | UdS | PHK | FAU |
|--------------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| Veranstaltungen | 35 | 24 | 7 | 2 | 2 |
| Teilnehmer | 549 | 298 | 161 | 30 | 60 |

4. Ergebnisse

4.1. Zahlen & Fakten

Nach 42 Monaten der Projektlaufzeit (36 Monate in der Förderphase, 6 Monate kostenneutrale Verlängerung) haben die Ergebnisse bezogen auf die Teilnehmerzahlen und die Zahl der durchgeführten Veranstaltungen die Erwartungen mehr als übertroffen. In 365 Veranstaltungen haben 8.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Schülerlaborangebote in den vier Partnerschülerlaboren besucht. Prognostiziert waren laut Projektantrag je Partnerschülerlabor 30-40 Lerngruppen mit 700-1.000 Schülerinnen und Schüler, also summiert 120-160 Lerngruppen mit 3.450-4.450 Besuchern. Die Pilotierungsphase in Bremen sollte zusätzlich mit mindestens 3 Lerngruppen pro Modul erfolgen.

Im Fokus dieses Vorhabens standen Schulklassen mit ihren Lehrkräften aus allgemeinbildenden vorzugsweise nichtgymnasialen Schulen der Sekundarstufe I. Die Namensgebung für diese Schulformen sind regional verschieden: in Süddeutschland richtet sich dieses Schülerlaborangebot an Real-, Werkreal-, Gemeinschafts- und Mittelschulen; in Norden gibt es hauptsächlich Ober- und Gesamtschulen. Insgesamt wurden 341 schulische Veranstaltung durchgeführt. Neben bereits bestehenden guten Kontakten konnten mit geeigneten Schulen aus dem regionalen Umfeld der Partnerschülerlabors neue Kooperationen geschlossen und verstetigt werden. Tabelle 10 gibt die Anzahl der Lerngruppen im Verlaufe der Implementation und Verstetigung der Schülerlaborangebote in den beteiligten Partnerlabors wieder.

Tabelle 10: CUN-Lehrveranstaltungen

| Quantitative Ziele | | | | | | |
|---|-----------------------|------|------|------|------|-------|
| CHEMIE UMWELT NACHHALTIGKEIT [CUN Az 31861] | Erreichte Lerngruppen | | | | | |
| Dez. 2014-Juni 2018 | Soll | Ist | | | | Summe |
| Projektjahr | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
| Implementation in Bremen | 30-40 Lerngruppen | 36 | 46 | 47 | 25 | 154 |
| Implementation in Saarbrücken | 30-40 Lerngruppen | 6 | 35 | 26 | 13 | 80 |
| Implementation in Karlsruhe | 30-40 Lerngruppen | 9 | 13 | 14 | 13 | 49 |
| Implementation in Nürnberg | 30-40 Lerngruppen | 4 | 20 | 17 | 17 | 58 |
| | | 55 | 114 | 104 | 68 | |
| Summe | 120-160 Lerngruppen | | | | | 341 |

Von den insgesamt 8.000 Teilnehmern entsprachen etwa 66 % Schülerinnen und Schüler (5.580 SuS) der anvisierten Zielgruppe. Etwa 20 % (1.030 SuS) waren gymnasiale

Schülerinnen und Schüler sowohl aus der Sek. I als auch der Oberstufe. Unsere Module „Kulturpflanzen“ und „Wasser“ für die Jahrgänge 5+6 sind auch für den Einsatz in Grundschulen geeignet. Knapp 100 kleine Forscherinnen und Forscher haben diese beiden CUN-Angebote wahrgenommen. Eine Gesamtübersicht über die Teilnehmerzahlen, ihre Verteilung auf die Schulform mit angewählten Modulen in den beteiligten Partnerlabors gibt Tabelle 11 wieder.

Tab. 11: Zielvorgaben und Ergebnisse (Stand Juni 2018)

|  2015-18 | | Quantitative Ziele: Teilnehmer- & Schülerzahlen | | | | | |
|--|--------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | | UHB | UdS | PH K | FAU | | |
| | | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Prozent |
| | | 3.286 | 2.082 | 1.132 | 1.486 | 7.986 | 100% |
| Klassenstufe | 3+4 | 36 | 82 | | | 118 | 1 |
| | 5 | 545 | 773 | | 320 | 1.638 | 21 |
| | 6 | 779 | 248 | 33 | 489 | 1.549 | 19 |
| | 7 | 621 | 53 | 267 | 274 | 1.215 | 15 |
| | 8 | 252 | 100 | 459 | 75 | 886 | 11 |
| | 9 | 94 | 110 | 238 | 223 | 665 | 8 |
| | 10 | 277 | 420 | 105 | 105 | 907 | 11 |
| | 11 | 201 | 101 | | | 302 | 4 |
| | 12 | 153 | 34 | | | 187 | 2 |
| | 13 | | | | | | 0 |
| Schulform | Grundschule | 36 | 57 | | | 93 | 1 |
| | Werkrealschule | | | 487 | | 487 | 6 |
| | Realschule | | 45 | 566 | 1.083 | 1.694 | 21 |
| | Ober- / Mittel- / Gesamtschule | 2.412 | 617 | | 373 | 3.402 | 43 |
| | Gymnasium | 416 | 858 | | 30 | 1.304 | 16 |
| | außerschulische | 94 | 209 | 24 | | 327 | 4 |
| Sonstige | LFB | 169 | 76 | 15 | | 260 | 3 |
| | Studenten | 112 | 85 | 15 | | 212 | 3 |
| | Aktionen | 47 | 135 | 25 | | 207 | 3 |
| Modul 1: Kulturpflanzen | | 391 | | | 381 | 772 | 10 |
| Modul 2: Wasser | | 1.126 | 1.201 | 477 | 452 | 3.256 | 41 |
| Modul 3: Metalle | | 722 | 53 | 464 | 325 | 1.564 | 20 |
| Modul 4: nachhaltige Mobilität | | 38 | 75 | | | 113 | 1 |
| Modul 5: Energiespeicher | | 103 | 530 | 50 | 193 | 876 | 11 |
| Modul 6: Biokunststoffe | | 588 | 62 | 111 | 75 | 836 | 10 |
| gemischte Angebote | | 298 | 161 | 30 | 60 | 549 | 7 |

Etwa 200 Besucher haben im Verlauf von Aktionstagen (Girls-Day, 7-Labore-Tour, MINT-Fachtag) unser Angebot kennen gelernt. Besonders das NanoBioLab war an Aktionstagen stark beteiligt und konnte etwa 130 Schülerinnen und Schüler erreichen. In Tabelle 12 wird die Verteilung der Modulanwahlen in den Schulformen beleuchtet und die Angebote für die weiteren Adressaten in Lehrerfortbildungen, im Studium und Aktionen dargestellt.

Tab. 12: Verteilung der 365 Veranstaltungen auf die Adressatengruppen [in %]

|  2015-18 | | Quantitative Ziele: Verteilung Modulanwahlen auf Schulform | | | | | |
|--|--------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| | | UHB | UdS | PH K | FAU | | |
| | | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Prozent |
| | | 162 | 94 | 51 | 58 | 365 | 100% |
| Schulform | Grundschule | 2 | 2 | | | 4 | 1 |
| | Werkrealschule | | | 24 | | 24 | 7 |
| | Realschule | | 2 | 22 | 42 | 66 | 18 |
| | Ober- / Mittel- / Gesamtschule | 107 | 24 | | 15 | 146 | 40 |
| | Gymnasium | 23 | 38 | | 1 | 62 | 17 |
| | außerschulische | 12 | 12 | 2 | | 25 | 7 |
| Sonstige | LFB | 9 | 3 | 1 | | 13 | 4 |
| | Studenten | 7 | 3 | 1 | | 11 | 3 |
| | Aktionen | 2 | 10 | 1 | | 13 | 4 |

Ca. 260 Lehrerinnen und Lehrer wurde auf Lehrerfortbildungsveranstaltungen die Angebote des Projektes vorgestellt. Diese bestanden aus einer theoretischen Einführung und einem anschließenden Praktikum, in dem ausgewählte Versuche durchgeführt werden konnten. Weitere leitende und begleitende 50-60 Lehrkräfte, die mit ihren Lerngruppen eines der vier Partnerschülerlabore besucht haben, können zu dieser Gruppe noch hinzugezählt werden. Jedoch haben wir, da es sich oftmals um „Wiederholungstäter“ handelt, hierzu keine verlässlichen Zahlen. Ferner haben 210 Lehramts-Studierende im Rahmen von Aufgabekursen im Masterstudiengang der Chemiedidaktiken das CUN-Projekt in Theorie und Praxis kennengelernt. Die Projektinhalte sind als fester Bestandteil in die universitäre Lehre integriert.

Wie im Projektantrag beschrieben, waren die drei Partnerschülerlabors NanoBioLab, Make Science und Nessi-Lab angehalten, aus dem Angebot der 6 Module mindestens eines pro Jahrgang ausgewählt, um sie in ihrem SL zu implementieren und anzubieten. Dabei stand es frei, wie umfangreich dies geschieht. Neben der Adaption eines Gesamtmoduls war auch die Auswahl von Teilthemen möglich, um so den jeweiligen räumlichen, technischen und personellen Begebenheiten Rechnung tragen.

Tab.13: Modulangebote nach Schülerlabor-Standort

|  2015-18 | Quantitative Ziele: Modulanwahlen | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| | UHB | UdS | PH K | FAU | | |
| | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Gesamt | Prozent |
| | 162 | 94 | 51 | 58 | 365 | 100% |
| Modul 1: Kulturpflanzen | 20 | | | 14 | 34 | 9 |
| Modul 2: Wasser | 51 | 51 | 23 | 19 | 144 | 39 |
| Modul 3: Metalle | 32 | 2 | 20 | 13 | 67 | 18 |
| Modul 4: nachhaltige Mobilität | 3 | 4 | | | 7 | 2 |
| Modul 5: Energiespeicher | 7 | 27 | 2 | 7 | 43 | 12 |
| Modul 6: Biokunststoffe | 27 | 3 | 4 | 3 | 37 | 10 |
| gemischte Angebote | 24 | 7 | 2 | 2 | 35 | 10 |

Das beliebteste Angebot ist das Modul 2: „Wasser“ für den 5.+6. Jahrgang. Das Thema ist dem Regelunterricht aller beteiligten Bundesländer entlehnt. Die Angebote zu „Biokunststoffen“ & „Metallen“ folgen auf den Plätzen, jedoch sind hier klar regionale Präferenzen zu erkennen. Besonders beliebt ist in Saarbrücken das Thema „Energiespeicher“.

Leider wurde das Modul „Nachhaltige Mobilität“ kaum angewählt. Obwohl es in seinen Teilthemen wichtige Aspekte chemischer Energiegewinnung und alternativer Werkstoffe aufgreift [Biodiesel, Bioethanol, H₂-Technologie sowie leichte Werkstoffe], konnten wir Lehrkräfte nicht dafür interessieren. Eine curriculare Anbindung besteht durchaus, vielleicht war die Einordnung dieser Teilthemen in den Jahrgang 7+8 nicht passend und die Experimente zu komplex. Allerdings gab es auch für die höheren Jahrgänge keine Anfragen zum Modul. Im Ordner A6 „Statistik“ des Anhangs sind die SL-Veranstaltungen detailliert aufgelistet. Die Modulhandbücher mit den Zusatzmaterialien befinden sich als Komplettpakete im Anhang unter A3.1-3.6.

4.2 Integration der Schülerlaborangebote in die Lehramtsaus- und Lehrerfortbildung

Durch Integration der Schülerlaborangebote in die Lehramtsausbildung werden Studierende für die Arbeit in und mit Schülerlaboren ausgebildet und lernen selber Inhalte und Umsetzungsmöglichkeiten von Themen aus dem Bereich „Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit“ kennen.

An allen vier Standorten wurden Lehrerfortbildungen zu angeboten, die auf die Aktivitäten der Schülerlabore aufmerksam machen und über die Einbindung der Angebote in den schulischen Chemieunterricht informieren. Diese Seminare werden in Kooperation mit den Chemielehrerfortbildungszentren Bremen-Oldenburg, Erlangen-Nürnberg, Karlsruhe und dem Saarland veranstaltet. Für den Antragszeitraum sollten je Standort mindestens zwei Fortbildungen veranstaltet werden. Die Fortbildungen stehen danach auf Abruf für interessierte Standorte oder Fachkollegien auch dezentral zur Verfügung.

Tab. 14: CUN - Fortbildungsveranstaltungen 2015-2017

| Datum | Vortagstitel | Ort | WER | WAS |
|-------------|--|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| 24.02.2016 | DBU ZUK, Modul 5: Energiespeicher | Osnabrück | FA, IE | Vortrag, Praktikum |
| 02.03.2016 | MINT-Fachtag Campus Bremen Wasser, Kulturpflanzen, Energiespeicher | Bremen | FA, AS | Vortrag, Praktikum |
| 11.04.2016 | LFZ OL-HB Fortbildungsveranstaltung für Referendare „CUN im Schülerlabor“ Energiespeicher + Mobilität | Bremen | FA, AS | Vortrag, Praktikum |
| 10.05.2016 | LFB Pinneberg Modul 6: Biokunststoffe | Pinneberg/HH | FA, IE | Vortrag, Praktikum |
| 02.06.2016 | LFB Kiel Modul 6: Biokunststoffe | Kiel | FA + IE | Vortrag, Praktikum |
| Juni 2016 | LFZ Karlsruhe & IHK Ulm am ‚Tag der Technik 2016‘ | Ulm | M. Ducci, U. Beck | Vortrag, Praktikum |
| 02.11. 2016 | SL-Angebote LFB Rostock | Rostock | A Kometz, R. Tandetzke | Vortrag, Praktikum |
| 03.11. 2016 | SL-Angebote LFB Rostock | Rostock | A Kometz, R. Tandetzke | Vortrag, Praktikum |
| 19.01.2017 | LFZ LIS Baden-Württemberg Individualisierter Unterricht am Beispiel von Chemie. | Pforzheim- Hohenwart | JH | Vortrag, Praktikum |
| 02.03.2017 | LFB Neumünster Modul 6: Biokunststoffe | Neumünster | FA + IE | Vortrag, Praktikum |
| 08.03.2017 | MINT-Fachtag Campus Bremen Kulturpflanzen & Biokunststoffe | Bremen | FA & AS | Vortrag, Praktikum |
| 21.03.2017 | LFZ HB/OL "Experimentieren rund um Wasser | Bremen | FA | Vortrag, Praktikum |
| 23.03.2017 | LFZ HB/OL "Experimentieren rund um Wasser | Bremen | FA | Vortrag, Praktikum |
| 22.05.2017 | LFZ, IGS OHZ CUN Lab Modulauswahl | Osterholz- Scharmbeck | AS | Vortrag, Praktikum |
| 04.10.2017 | Potentiale des individuellen Lernens mit dem iPad | Obermachtal | JH | Vortrag, Praktikum |
| 16.10.2017 | LPM-Nr.: A5.163-0378 Diversität & Heterogenität im Chemieunterricht | Saarbrücken | JH | Vortrag, Praktikum |
| 05.12.2017 | LFZ "Chemie fachfremd unterrichten" CUN Wasser | Bremen | FA | Vortrag, Praktikum |

An 17 LFB-Veranstaltungen in Saarbrücken und Bremen nahmen rund 260 Lehrerinnen und Lehrer teil. Mit erfasst sind hierin aber auch Beiträge auf Tagungsveranstaltungen der MNU, die hohe Teilnehmerzahlen generieren. Angemessene Teilnehmerzahlen für LFB-Seminare zu generieren gelingt allerdings nicht. Entweder gibt es zu geringe Anmeldezahlen, sodass der Kurs im Vorfeld bereits abgesagt werden muss – dies war mehrfach in Karlsruhe der Fall - oder es melden sich 12-15 Lehrkräfte an, von denen im besten Fall die Hälfte erscheinen. Für die Kursleiter ist das besonders bei auswärtigen Veranstaltungen, die immer mit erheblichem Aufwand verbunden sind, deprimierend.

Auf der 2. Sitzung des wiss. Beirat am 21.10.2016 haben wir um Lösungsvorschläge für die letzte Projektphase zu diesem Problem gebeten. Der Beirat gab die Anregung, doch vorbereitende verpflichtende Fortbildungsangebote für alle NaWi-Lehrkräfte und zur Unterstützung fachfremder Lehrer anzubieten. Es wäre sinnvoll, zu Info/Fortbildungsveranstaltungen einzuladen, um interessierten Lehrkräften unser umfangreiches Angebot und dessen Modularität zu erläutern. Diese Anregung wird im Herbst/Winter 2018 im Rahmen der Referendarausbildung von „Seiteneinsteigern“ in Bremen umgesetzt. Im Saarland, Baden-Württemberg und in Bayern laufen hierzu ähnliche Veranstaltungen. Auch im Hinblick auf Inklusion und Sprachkompetenzförderung sollten Vorbereitungsangebote für Lehrkräfte, Referendare und Studierende angeboten werden. Unterlagen zum sicheren Verhalten im Labor werden verstärkt im Vorfeld eines Schülerlaborbesuchs bereitgehalten. Das Projektteam wird Fortbildungsveranstaltungen weiterhin auflegen und über die Landesinstitute für Schulen versuchen, Kontakt auch zu fachfremden Lehrkräften herzustellen.

4.3 Tagungs- und Posterbeiträge

Tabelle 15: CUN - Tagungs- und Posterbeiträge 2015-2018

| Datum | Vortragstitel | Ort | WER | WAS |
|----------------|--|--------------------------------|------------|------------------------------|
| 26.-28.5.2015 | Sommersymposium HB-DO | Dortmund | IE, FA | Vortrag |
| 8.6.2015 | LeLa-NTU-Workshop, DBU | Osnabrück | AS | Poster, Vortrag |
| 14.-17.9.2015 | GDCh-Jahrestagung, 'Differenzierende Schülerlaborangebote zur Nachhaltigkeitsbildung' | Berlin | FA | Poster |
| 16./17.11.2015 | MNU-Tagung, Differenzierende Schülerlaborangebote | Bremerhaven | FA, IE | Vortrag |
| 19.+20.1.2016 | DBU Tagung Interdisziplinäre MINT-Bildung – Zukünftige Aufgaben für Schülerlabore | Osnabrück | alle | Poster, Vortrag |
| 13.-15.03.2016 | LeLa - 11. Jahrestagung | Saarbrücken | alle | Poster, Vortrag |
| 14.04.2016 | BNE-Fachtagung Virtuelle Akademie Nachhaltigkeit http://www.va-bne.de/ | Bremen | FA, AS | Vortrag |
| 26.-28.05.2016 | 23rd Symposium on Chemistry and Science Education | Dortmund | FA, SM, IE | Vortrag |
| 7.+ 8.6.2016 | DBU "Woche der Umwelt" Schloss Bellevue | Berlin | UHB, UdS | 2 Kurz-Vorträge, Ausstellung |
| 14.06.2016 | LeLa MINT-Umweltbildung-Workshop | Osnabrück | RH | Vortrag, Poster |
| 05-08.09.2016 | Jahrestagung GDCh-Fachgruppe | Zürich | JH | Vortrag |
| 20.09.2016 | REDNET-Akademie | Mainz | JH | Vortrag |
| 19.-21.09.2016 | Jahrestagung GDCh-Fachgruppe Nachhaltige Chemie | Karlsruhe | RH, JH | Vortrag |
| 27-29.09.2016 | MNU-Tagung, Differenzierende Schülerlaborangebote | Saarbrücken | JH | 2 Vorträge |
| 30.09.2016 | EU Erasmus+-Programm Georgien Staff Mobility | Tiflis /GE | IE | Vortrag |
| 14.11.2016 | MNU-Tagung, Differenzierende Schülerlaborangebote | Bremerhaven | FA | Vortrag |
| 07.-10.09.2016 | European Conference on Research in Chemistry Education (ECRICE) | Barcelona /SP | FA, IE | Vortrag |
| 14./15.11.2016 | MNU-Tagung, Differenzierende Schülerlaborangebote | Bremerhaven | FA, IE | Vortrag |
| 24./25.1.2017 | „Reallabore als transformative Methode in der Nachhaltigkeitsbildung“ | Wuppertal | AS | Workshop |
| 22.02.2017 | Eingeladener Vortrag an der Universidad de la Laguna, Teneriffa | San Cristóbal de la Laguna /SP | RH | Vortrag |
| 08.03.2017 | Fachtagung Nachhaltigkeit Lernen in Hessen | Fulda | IE | Vortrag |
| 13.-14.03.2017 | Jahrestagung der Schülerlabore | Würzburg | alle | Poster |
| 02.-06.04.2017 | ACS Spring Meeting | San Francisco /USA | IE | Vortrag |
| | Fortsetzung umseitig... | | | |

| Datum | Vortragstitel | Ort | WER | WAS |
|---------------|--|-----------------|------------|--------------------------|
| | Fortsetzung... | | | |
| 11.04.2017 | Eingeladener Vortrag an der University of California Davis | Davis /USA | IE | Vortrag |
| 18.04.2017 | Eingeladener Vortrag an der San Jose State University California | San Jose /USA | IE | Vortrag |
| | FAU & RS Altmühltal in Beilngries für den Themenbereich „Metalle“ | Erlangen | FAU | Auszeichnung: MINT-Preis |
| 19.-22.4.2017 | VCÖ-Tagung | Vaduz /LIE | FAU | Poster |
| 19.06.2017 | Eingeladener Vortrag im Palatul Culturii | Iasi /RO | RH | Vortrag |
| 18.07.2017 | Eingeladener Vortrag an der Seoul National University | Seoul /ROK | RH | Vortrag |
| 21.-25.8.2017 | 12. ESERA Conference | Dublin /IRL | IE, FA, JH | Vortrag, Poster |
| 5.-8.9.2017 | GDCP-Tagung | Hannover | JH | Poster |
| 5.-8.9.2017 | GDCP-Tagung | Zürich /CH | FA, JH | Vortrag, Poster |
| 10.-14.9.2017 | GDCH-Tagung | Berlin | JH | Vortrag |
| 29.09.2017 | REDNet-Akademie | Saarbrücken | JH | Vortrag |
| 25.10.2017 | MNU-Tagung, LIS Pädagogik & Medien | Saarbrücken | JH | Vortrag |
| 04.11.2017 | Humboldt-Kolleg Brasilien | Sao Carlos / BR | IE | Vortrag |
| 22.4.-4.5.18 | ERASMUS+ Program Rumänien Staff Mobility Teaching | Iasi /RO | RH | Vortrag |
| 25.04.2018 | 5th International Conference on Adult Education, Key Note Address | Iasi /RO | RH | Vortrag |
| 26.04.2018 | 5th International Conference on Adult Education, Key Note Address | Chişinău /MD | RH | Podiums- diskussion |
| 07.05.2018 | Transformative Bildung und die Rolle digitaler Medien an ausgewählten Beispielen | Saarbrücken | JH | Vortrag |
| 01.06.2018 | 24rd Symposium on Chemistry and Science Education | Bremen | alle | Vortrag |
| | 41 Veranstaltungen | | | |

4.4 Publikationen

18 Veröffentlichungen konnten in nationalen und internationalen Fachjournalen platziert werden. Ferner wurden in 2 Fachartikel in Tagungsbänden und 4 Buchbeiträge veröffentlicht. Die detaillierte Publikationsliste befindet sich im Anhang A5.1-5.3.

Tabelle 16: CUN – Buch- und Tagungsbeiträge 2015-2018

| Buchartikel und Beiträge in Tagungsbänden | |
|---|--|
| 1 | In: O. Haupt, R. Hempelmann, A. Kratzer, U. Martin, & P. Skiebe-Corrette (Eds.), Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schülerlaboren. Berlin |
| 1 | In: I. Eilks, S. Markic, B. Ralle (Eds.), Science education research and practical work, Aachen: Shaker |
| 2 | In: LernortLabor (Hrsg.): MINT.Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren, Berlin: LernortLabor (2018) |
| 2 | In: Christian Maurer (Eds.) Tagungsbände der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik |

Tabelle 17: CUN - Publikationen 2015-2018

| Beiträge in Fachjournalen | | | |
|---------------------------|---|---|---|
| 2 | CHEMKON | 1 | Chemistry Education Research and Practice |
| 1 | Chemistry in Action | 1 | Daruna |
| 1 | International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology | 1 | World Journal of Chemical Education |
| 1 | School Science Review | 2 | LeLa Magazin |
| 1 | Schülerlabor-Atlas 2018, LernortLabor, Berlin | 1 | Naturwissenschaften im Unterricht Chemie |
| 1 | Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht | 3 | Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule |
| 1 | Chemie & Schule | 1 | Educational Sciences |

4.5 Qualifizierungsarbeiten

Insgesamt konnten 19 Qualifizierungsarbeiten in Förderzeitraum angefertigt werden. Neben der sehr erfolgreichen Promotion von Frau Fiona Affeldt wurden 12 Staatsexamens- bzw. Masterarbeiten und 6 Bachelorarbeiten abgeschlossen.

Preise/Auszeichnungen:

J. Huwer (2016), Preis der GDCh-Fachgruppe Nachhaltige Chemie für die beste Promotion, Karlsruhe 2016.

R. Hempelmann (2017), Ehrendokortitel der Universität Iași, Rumänien u.a. für die Internationalisierung von Schülerlaboraktivitäten.

2 Auszeichnungen für besonders gelungene Zusammenarbeit des „Nessi-Lab“ aus Erlangen-Nürnberg mit der Realschule in Beilgries.

4.6 Außerschulische Bildungspartner

Die im Projektantrag beschriebene Einbindung außerschulischer Bildungsträger gelang nur marginal. Nur knapp 330 Teilnehmer nahmen unsere Angebote wahr. Der wissenschaftliche Beirat empfahl, durch persönliche und regelmäßige Besuche mit Beispielmateriale die Zusammenarbeit mit dieser Zielgruppe zu intensivieren. Leider haben sich die zu Projektbeginn von uns angeworbenen Vereine und Institutionen nicht als verlässliche Partner erwiesen oder waren aufgrund ihrer Gruppenzusammensetzungen für die Bearbeitung ausgewählter Modulexperimente nicht geeignet.

Obwohl alle vier Schülerlaborpartner verschiedenste Anstrengungen unternommen haben, konnten nur drei stabile Kooperationen mit Institutionen dieser Zielgruppe initiiert werden. Erfolgreich war das NanoBioLab in Saarbrücken mit den beiden Kooperationen „Science Club“ von Frau Hess und dem „IQXXL“ von Frau Wagner. Die Gruppen bestehen aus Schülerinnen und Schülern mit besonderem Förderbedarf und besuchen das Labor zu regelmäßigen Terminen. In Bremen wurde die Kooperation mit der Buchholzer Zukunftswerkstatt verstetigt. Das „FreiEx“ fährt dabei direkt zu den Institutionen und bietet die CUN-Module für Lerngruppen aus Schulen des südlichen Hamburger Umlands an.

In Karlsruhe konnte mit dem Verein für Jugendhilfe Karlsruhe e.V. eine kleine Gruppe zu zwei Besuchen motiviert werden. Beide Male kamen aber nur ein kleiner Teil der angemeldeten Jugendlichen. In Bremen gab es zwei latente Interessenten: das Pädagogische Zentrum e.V. in Bremerhaven und das ReBUZ West Bremen. Durch persönliche Hinderungsgründe des Leiters in Bremerhaven bzw. Mangels neuer interessierter und gleichzeitig auch geeigneter Schülergruppen im ReBUZ lag die Zusammenarbeit auf Eis.

Vermutlich sind in den Bildungsgruppierungen zurzeit andere Aufgaben (Sprachbildung, Sozialisation etc.) dringlicher, sodass wir mit unseren inhaltlich doch sehr anspruchsvollen Themen nicht im Fokus stehen. Viele Umweltbildungszentren und RÜZen verfügen über bewährte Angebote, die sie mit ihren knappen personellen oder räumlichen Ressourcen aufrechterhalten. Deshalb besteht kaum Kapazität bzw. nur geringes oder gar kein Interesse an einer Erweiterung ihrer Programme. Lerngruppen außerschulischer Bildungsträger werden in Zukunft nicht mehr explizit angesprochen.

4.7 Evaluation

Die Evaluation der Angebote wurde zentral vom Antragsteller in Bremen durchgeführt. Die Projektpartner unterstützten die Universität Bremen bei der Datenerhebung. Die Evaluation stützte sich auf Rückmeldebögen für Schülerinnen und Schüler und ihre Lehrerinnen und Lehrer bzw. Begleitpersonen aus dem nicht-formalen Bildungssektor. Zentral hierbei waren Fragen des situationellen Interesses und der Motivation sowie Vorstellungen und Einstellungen der Lernenden zu Naturwissenschaft, Technik, Nachhaltigkeitsfragen und naturwissenschaftlich-technischen Berufen.

Aus der begleitenden Evaluation wurden Daten generiert, die zur Optimierung der Schülerlaborangebote beitragen. Es wurden aber auch Daten über die Einstellungen der Jugendlichen über Fragen von Umwelt und Nachhaltigkeit und ihre berufliche Orientierung in entsprechende Bereiche erhoben. Befragt wurden ca. 120 SuS im Alter zwischen 12-19 Jahren. In 10 Likert skalierten Fragen und zwei offenen Fragen äußerten sich die SuS überwiegend positiv zur Gestaltung im social media design (ca. 84 %), zum Angebot der Hilfekarten (71 %) und der Einbindung sprachsensibler Unterstützungstools (65 %). Scheinbar gelingt es durch die genannten Gestaltungselemente, naturwissenschaftliche Fragestellungen dem Alltagserleben der Schülerinnen und Schüler näher zu bringen³⁰.

5. Zusammenarbeit

5.1 Synergie zwischen Erlangen, Karlsruhe, Saarbrücken und Bremen

Die Expertisen aller Forschungsstellen in diesem Verbundprojekt ergänzen sich vorteilhaft: Die Universität Bremen besitzt einschlägige Kompetenz im Bereich Umweltforschung, Organische Synthesen und Nachhaltige Technologien, die sich bereits in vergangenen Projekten ausgedrückt hat. Ergänzt wird dies durch die besondere fachdidaktische Expertise am Lehrstuhl Prof. Eilks, gerade auch in der Didaktik einer chemiebezogenen Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE)³¹, des Umgangs mit kultureller und sprachlicher Heterogenität und der Strukturierung von kooperativen Lehr-Lern-Arrangements unter Einbezug offener Experimente und forschungsorientierter Schüleraktivitäten³². Der Lehrstuhl Prof. Hempelmann der Universität des Saarlandes in Saarbrücken arbeitet fachwissenschaftlich auf den Gebieten Angewandte Elektrochemie sowie Kolloid- und Nanochemie, neuerdings fokussiert auf Nachhaltige Elektrochemie, und besitzt know-how bei (bio-)elektroorganischen Synthesen und Ionischen Flüssigkeiten³³. Es liegen aber auch umfassende Erfahrungen in der Schülerlaborarbeit vor. An den Standorten Bremen, Nürnberg und Karlsruhe sind ebenfalls umfassende Erfahrungen in der Schülerlaborarbeit vorhanden. Die Standorte in Nürnberg und Karlsruhe sind wie Bremen an ein Lehrerfortbildungszentrum - gefördert von der Gesellschaft Deutscher Chemiker - angeschlossen. Die Standorte in Bremen, Nürnberg und Karlsruhe sind erfahren in der Curriculumentwicklung und Implementation durch die Arbeitsgruppen der Professoren Eilks, Kometz und Ducci, speziell ist in Nürnberg und Bremen auch weitgehende

³⁰ Affeldt, F. & Eilks, I. (2018). *Facebook, Instagram & Co.: Using Internet and social media designs to contextualize science inquiry learning*. *School Science Review*, angenommen / im Druck

³¹ T. Feierabend, I. Eilks, D. Höttecke, C. Hössle, J. Menthe, K. Mrochen, H. Oelgeklaus, (2009) *Bewerten Lernen und Klimawandel in vier Fächern – Erste Einblicke in das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht (Teil 1 und 2)“*, *Math. Naturwiss. Unterr.*, **62**, 92-97

³² T. Witteck, B. Most, S. Kienast, I. Eilks, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **7**, 108-119 (2007)

³³ D. Rauber, J. Huwer, H. Natter & R. Hempelmann, *Ionische Flüssigkeiten in Experimenten für Schule und Schülerlabor*, LernortLabor, Berlin 2018, ISBN 978-3-946709-04-6, Schutzgebühr 5,00 €

Erfahrungen im Umgang mit heterogenen Lerngruppen, interkulturellem Lernen und sprachlicher Heterogenität vorhanden. Diese Zusammenarbeit deckt in der fachwissenschaftlichen Breite und in der komplementären Ergänzung nahezu alle Felder ab, in denen sich die moderne Chemie besonders um Fragen einer nachhaltigen und grünen Chemie bemüht. Durch die verschiedenen fachdidaktischen Expertisen in Bremen, Nürnberg und Karlsruhe wurde erreicht, dass die entsprechenden fachwissenschaftlichen Aspekte kompetent fachdidaktisch elementarisiert und in moderne Bildungszusammenhänge eingeordnet werden konnten, sodass Konzepte und Materialien entstanden, die vor dem Hintergrund der schulischen Rahmenvorgaben und einer modernen kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Bildung erfolgreich sind. Zudem gibt es inzwischen Netzwerke aus Hochschulen, Schülerlaboren, Schulen und außerschulischen Bildungsträgern in den vier Bundesländern. Systematisch werden auf diesem Wege schulische und außerschulische Bildung, ebenso wie die Lehrerausbildung und Lehrerfortbildung, für die Innovation von naturwissenschaftlichem Unterricht durch Schülerlabore miteinander verknüpft.

5.2 Reichweite

In einer Übersichtskarte sind die regionalen Reichweiten der vier Projektschülerlabore im CUN Projekt dargestellt. Wie bereits im Antrag beschrieben, werden 6 Bundesländer mit den CUN-

Schülerlaborangeboten bedient. Die Partner aus den beiden kleinen Bundesländern Saarland und Bremen strahlen in die benachbarten Länder Rheinland-Pfalz und Niedersachsen aus. Die Reichweiten unserer beiden Partner in Baden-Württemberg und Bayern sind ebenfalls großflächig.

Lediglich zwei Lehrerfortbildungen fanden in den neuen Bundesländern statt. Unsere Partner aus Erlangen konnten bereits bestehende gute Verbindungen zum LFZ in Rostock nutzen, um dort das CUN-Angebot vorzustellen. Weitere Kooperationen gelangen leider nicht.

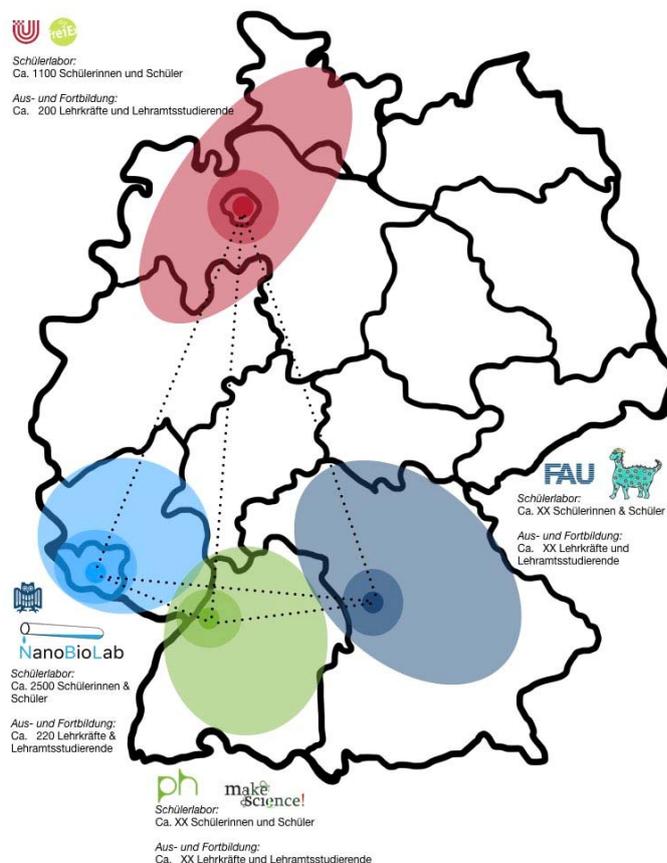


Abb. 11: Regionale Reichweiten des CUN-Projektes

5.3 Interne Kommunikation, Projekt- und Beiratstreffen

Die Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern wurde von unserer Seite aus als sehr positiv empfunden. Zusammenarbeit der Kooperationspartner Saarland und Bremen war sehr intensiv und wurde im Vergleich zum Vorgängerprojekt noch intensiviert. Die beiden Partnerlabore in Karlsruhe und Erlangen-Nürnberg haben sich schnell in die vorgegebenen Arbeitsstrukturen eingefunden.

Tabelle 18: CUN – Beirats- und Projekttreffen 2015-2017

| Datum | Vortagstitel | Ort | WER | WAS |
|----------------|------------------------------|-------------|------|---|
| 23.03.2015 | 1. Projekttreffen | Bremen | alle | Vorstellung des Projekts, Modulthemen & Ziele |
| 01.06.2015 | 1. Sitzung des wiss. Beirats | Bremen | | Vorstellung des Projekts, Zeitplan & Ziele |
| 16.04.2016 | 2. Projekttreffen | Saarbrücken | alle | Implementierung, Homepage & Publikationen |
| 20.10.2016 | 3. Projekttreffen | Bremen | alle | Stand des Projekts, Probleme & Publikationen |
| 21.10.2016 | 2. Sitzung des wiss. Beirats | Bremen | | Stand des Projekts, Ertrag & Probleme |
| 17.+18.10.2017 | 4. Projekttreffen | Erlangen | alle | Abschlussbericht & weitere Kooperation |

Die Kommunikation untereinander lief sehr direkt und völlig unkompliziert. Auch bei den Projekttreffen waren die Diskussionen und Gespräche immer sehr offen und konstruktiv. Bei auftretenden Fragen konnte zeitnahe eine Lösung herbeigeführt werden. 2-3 Projekttreffen mehr wären bei der Zusammenarbeit allerdings besser gewesen. Am Rande von GDCh- oder MNU-Tagungen wurden zwar Projektbelange besprochen, jedoch konnten aus terminlichen Gründen nicht immer alle Projektpartner anwesend sein.

Generell war besonders der Austausch mit den Projektpartnern über ihre Erfahrungen mit den einzelnen Modulen und der Durchführung der Schülerlabortage wichtig, um problematische Aspekte zu verbessern. Insgesamt dauerte die Aufbereitung und Adaption bei den Partnern viel länger als erwartet, da die Arbeitsblätter z.T. für die Schülerinnen und Schüler überarbeitet werden mussten. Besonders die Länge der Textpassagen war zu hoch bzw. die Anleitungen mussten vereinfacht werden. Für die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I der Werk- und Realschulen, die zum Teil wenig Experimentiererfahrung mitbrachten, waren die Anleitungen viel zu komplex. Der Datenaustausch über die projektinterne Dropbox erwies sich als schnell und praktisch. Die URL-Anbindung des Projekts war nicht zufriedenstellend.

Allen Projektpartnern ist es gelungen, bestehende Schulpartnerschaften zu intensivieren und neue Kooperationen mit Schulen der Sekundarstufe I der nicht gymnasialen Schulen aufzubauen. Besonders die letztgenannte Zielgruppe zu gewinnen, gelingt nicht unmittelbar, sondern benötigt Zeit zum Wachsen. So hat der Umgang mit Heterogenität und Diversität das Angebot im NanoBioLab nachhaltig geprägt. Mittlerweile besuchen jetzt ca. 40 % Gemeinschaftsschulen (ca. 5%) das eigentlich gymnasial geprägte Schülerlabor an der Saarländer Universität. Die adaptierten Angebote werden nach wie vor - auch ohne zusätzliche Werbung - regelmäßig gebucht und positiv angenommen. Das NanoBioLab hat nun dauerhaft einen zweiten vollen Tag in der Woche für Umweltrelevante Bildung geöffnet. Auch ist es im Rahmen des Projektes gelungen, eine zweite abgeordnete Lehrkraft zu gewinnen, die den Schülerlaborbetrieb am Dienstag leitet. Dadurch ist die nachhaltige Installation der entwickelten Module auch über den Förderzeitraum hinaus mehr als gewährleistet.

In Bremen, Nürnberg und Karlsruhe ist diese positive Entwicklung vergleichbar. Die Resonanz auf die einzelnen Angebote, die für die Differenzierung wichtigen abgestuften Arbeitsmaterialien und auf den Laborbesuch selbst, war von Seiten der Lehrkräfte, als auch von den Jugendlichen durchweg positiv. Dies zeigte sich vor allem dadurch, dass die Lehrerinnen und Lehrer, die eines der Schülerlabore einmal besuchten, im Laufe des Projektzeitraums immer wieder Labortermine mit unterschiedlichen Klassen und Klassenstufen oder gleich mit ganzen Jahrgängen wahrnahmen. Dadurch konnten sich beständige Kooperationen entwickeln, die einen Lernerfolg bei Schülerinnen und Schülern erkennen lassen, wenn sie wiederholt an unseren Schülerlaborangeboten teilnahmen. Als Weiterentwicklung wird z.B. die Realschule Königsbach-Stein (B-W.), mit besonders engagierten und naturwissenschaftlich interessierten Schülerinnen der 6. Klasse das Schülerlabor zum Thema ‚Wasser – Wasserreinigung‘ besuchen. Diese Schülerinnen und Schüler werden an der Schule und im Schülerlabor zu Schülermentoren ausgebildet, um besonders gefördert zu werden. Nach dieser Ausbildung betreuen diese Schülermentoren im naturwissenschaftlichen Unterricht dann Experimentierstationen zum Thema ‚Wasser‘ und leiten ihre Mitschüler bei der Durchführung der Versuche an. In Nürnberg strebt das „Nessi-Lab“ eine Kooperation mit der „Energie- und Umweltstation Nürnberg“ an, um ausgewählte Modulelemente der hier vorgestellten Schülerlaborangebote auch weiterhin für Schulklassen zugänglich zu machen.

Unterstützt wurde das Projektkonsortium „Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit – ein Schülerlaborangebot für alle Schülerinnen und Schüler“ durch den wissenschaftlichen Beirat, der sich wie folgt zusammensetzte:

- Frau Ulrike Peters, DBU, Abt. Umweltkommunikation & Kulturgüterschutz, Osnabrück
- Herr Prof. Dr. Stefan Stolte, Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT), Abt. Nachhaltige Chemie, Universität Bremen
- Frau Prof. Dr. Petra Mischnick, Institut für Lebensmittelchemie, TU Braunschweig und Leiterin des Agnes-Pockels-SchülerInnenlabors an der TU Braunschweig
- Frau Prof. Dr. Petra Skiebe-Corrette, Institut für Chemie und Biochemie – Anorganische Chemie, FU Berlin und Leiterin des NatLab-Schülerlabors an der FU Berlin
- Frau OSR Dr. Heike Buhse, Referat Lehrer/innen-Bildung, SfbW Bremen
- Frau Stefanie Höfer, Leiterin Regionales Beratungs- und Unterstützungszentrum West - 771 -, (ReBUZ West), SfbW Bremen
- Frau Prof. Dr. Verena Pietzner, Didaktik für Chemie, Universität Oldenburg

Der Wissenschaftliche Beirat und das Projektkonsortium trafen sich zwei Mal - am 10.06.2015 und am 21.10.2016 - zu Sitzung in den Räumen der Chemiedidaktik von Prof. I. Eilks in Bremen. In der Frühphase sollten die ausgewählten Themen der Bausteine die Struktur der Angebote und die Zeitpläne diskutiert werden. Der zweite Termin diente der Darstellung der bisher erreichten Ziele, Verbesserung der Inhalte und Dissemination der Ergebnisse. Gleichzeitig wurde der Beirat um Hilfestellung zu Problemen zur Aktivierung des Projekts in der Lehrerschaft und bei außerschulischen Bildungsinstitutionen gebeten. Die Treffen fanden in freundlicher Atmosphäre statt und waren ausgesprochen konstruktiv.

5.4 Öffentlichkeitsarbeit

Wie bereits im Kapitel 4 in detailliert auflisteten Aktivitäten der vier Projektpartner dargestellt, wurde dieses Gemeinschaftsvorhaben mit 365 Veranstaltungen und 18 Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Fachjournalen, 2 Fachartikeln in Tagungsbänden, 4 Buchbeiträgen, auf 41 Tagungen im In- und Ausland mit Poster-Präsentationen und mit Vorträgen dem Fachpublikum vorgestellt. Ferner wurden in regionalen Presseorganen (siehe Anhang A4.3 Pressestimmen) unsere Aktivitäten einem breiten Publikum präsentiert. Ein Flyer und ein Webauftritt (http://www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/projekte_eng.php?id=399 und <https://www.uni-bremen.de/freix/>) rundeten die Außendarstellung des Vorhabens ab. Die Erlanger Aktivitäten führten zu zwei kleinen regionalen Auszeichnungen in Zusammenarbeit mit Realschulen.

5.5 Verstetigung

Auch über den Förderzeitraum hinaus werden die in diesem Projekt erarbeiteten Materialien und Praktika ein fester Bestandteil des Schülerlaborangebots aller beteiligten Partner sein. Die CUN-Angebote bleiben auch über den Förderzeitraum hinaus ein fester Bestandteil der Lehrangebote der Schülerlabore für Schulen mit förderbedürftigen und speziell heterogenen Lerngruppen. Erste Buchungen / Terminierungen liegen in den vier Partnerlabore bereits vor.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Zum Projektabschluss haben in 365 Veranstaltungen mit 8.000 Teilnehmern eines der Schülerlaborangebote an einem der vier Standorte besucht. Ferner haben etwa 200 Lehramts-Studierende im Rahmen von Auflagenkursen in Karlsruhe, Saarbrücken und Bremen das CUN-Projekt in Theorie und Praxisanteilen kennengelernt. Ca. 260 Lehrerinnen und Lehrer konnten auf Lehrerfortbildungsveranstaltungen die Angebote des Projektes kennenlernen und in anschließenden Praktika ausgewählte Versuche erproben. Zudem konnten 18 Examens-, Bachelor- und Masterarbeiten im Verlauf dieser drei Jahre zum Vorhaben angefertigt werden. Frau Affeldt hat im Januar 2018 ihre Dissertation erfolgreich abgeschlossen.

Vorträge und Poster zum Projekt konnten auf über 40 Fachtagungen im In- und Ausland präsentiert werden. 18 Publikationen wurden in nationalen und internationalen erziehungswissenschaftlichen Zeitschriften, 2 Fachartikeln in Tagungsbänden sowie 4 Buchbeiträgen veröffentlicht. Insofern entspricht der Ertrag dieses Vorhabens den Erwartungen und konnte im vorgesehenen finanziellen und zeitlichen Rahmen erreicht werden.

Jedes Schülerlabor konnte innerhalb der CUN-Projektstruktur sowohl seine individuellen didaktischen Schwerpunkte als auch räumliche und personelle Infrastrukturen sehr gut einbringen und optimieren. Es konnten neue Kooperationen mit nicht gymnasialen Schulen der Sekundarstufe I aufgebaut bzw. bestehende verstetigt und intensiviert werden. Die Konzeption, Aufbereitung und Gestaltung der hier diskutierten Materialien finden sich bereits in den Arbeitsmaterialien von Folgeprojekten (UdS: „Digitale Medien und multi-touch Learningbooks“; UHB: „Phosphor-Rückgewinnung“), bzw. bieten Anregung zu einem neuen Vorhaben in Nürnberg. Dort werden die Einführungsseiten ebenfalls in zum Thema hinführenden Comics gestaltet.

Die vier Projektpartner in Erlangen, Karlsruhe, Bremen und Saarbrücken haben sehr gut in eine kollegiale und ertragreiche Zusammenarbeit hineingefunden und bedauern ausdrücklich das Ende dieser fruchtbaren Zusammenarbeit. Das Projektkonsortium sieht weiteres Verwertungspotenzial der in diesem Vorhaben entwickelten Schülerlaborangebote, dessen modulare Konzeption mit dem entwickelten Differenzierungsmodell und den integralen Hilfsinstrumenten. So eignen sich ausgewählte Modulelemente sehr gut für eine Anwendung mit und durch digitale Medien. Ferner könnten Modulinhalt als Basis für die Erstellung inklusiver Materialien herangezogen werden, für das in der Sekundarstufe I zunehmender Bedarf besteht. Auch könnten zwei Teilziele, die in der dreijährigen Laufzeit des Projektes nicht bzw. nur unbefriedigend erreicht wurden, erneut in den Fokus genommen werden: zum einen die Einbindung weiterer außerschulischer Bildungsträger und Institutionen in dieses Projekt und zum anderen die Promotion der Schülerlaborangebote in den Lehrerfortbildungszentren und Schülerlaboren an Standorten in den „neuen“ Bundesländern.

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die großzügige finanzielle Unterstützung des gesamten Projektes und ganz speziell für die damit verbundene Unterstützung der Doktorarbeit von Fiona Affeldt. Wir danken Frau Dipl.-Biol. Ulrike Peters von der DBU für zahlreiche hilfreiche und anregende Gespräche und für ihr stetes Interesse am Fortgang der Arbeit.

Wir danken den Mitgliedern unseres Wissenschaftlichen Beirats für ihre Zeit bei den Beiratssitzungen und für ihre Ratschläge, die uns weitergeführt und motiviert haben.

Zu Dank verpflichtet sind wir auch einer Reihe von Chemie-Lehramtsstudierenden, die im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten (Bachelor-Arbeiten, Master-Arbeiten, Wissenschaftliche Examensarbeiten) Teilaspekte dieses Vorhabens mit großem Engagement bearbeitet haben.



„Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit: Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler“

7. Anhang

Aktenzeichen der DBU: 31861 / 01

**Abschlussbericht
Berichtszeitraum Dezember 2014 - Juni 2018**

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Anhang zum Abschlussbericht DBU Az. 31861/01

1. Abschlussbericht (digital auf der beiliegenden CD-ROM)

2. Zwischenberichte (alle digital auf der beiliegenden CD-ROM)

- 2.1 Zwischenbericht Nr. 1
- 2.2 Zwischenbericht Nr. 2
- 2.3 Zwischenbericht Nr. 3
- 2.4 Zwischenbericht Nr. 4
- 2.5 Zwischenbericht Nr. 5
- 2.6 Zwischenbericht Nr. 6

3. Komplette Schülerlaborskripte und Best of - Angebote (digital auf CD-ROM)

- 3.1 M1 Alte Kulturpflanzen für die Chemie neu entdeckt (Jahrgang 5 + 6)
- 3.2 M2 Die Qualität von Wasser untersuchen und verbessern (Jahrgang 5 + 6)
- 3.3 M3 Metallische Gegenstände schützen und bewahren (Jahrgang 7 + 8)
- 3.4 M4 Beiträge der Chemie zu einer nachhaltigen Mobilität (Jahrgang 7 + 8)
- 3.5 M5 Energiespeicher für die Energiewende (Jahrgang 9 + 10)
- 3.6 M6 Biokunststoffe für eine nachhaltigere Zukunft (Jahrgang 9 + 10)

4. Öffentlichkeitsarbeit

- 4.1 Screen Shots der Projekt-Website
- 4.2 Logo und Flyer
- 4.3 Pressestimmen
- 4.4 Poster
- 4.5 Tagungs- und Posterbeiträge (tabellarisch)

5. Publikationen (alle digital auf der beiliegenden CD-ROM)

5.1 Buchartikel

5.1.1 Hempelmann, R., Luxenburger-Becker, H. & Huwer, J. (2016). *Omega-3-Fettsäuren - Inbegriff gesunder Ernährung*. In O. Haupt, R. Hempelmann, A. Kratzer, U. Martin, & P. Skiebe-Corrette (Eds.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schülerlaboren*. Berlin. 40-43.

5.1.2 Affeldt, F.; Wichmann, J.; Siol, A.; Markic, S.; Eilks, I. (2016): *Supporting practical science learning for all students - A German cross-country initiative in non-formal chemistry education*. In: I. Eilks, S. Markic, B. Ralle (Eds.), *Science education research and practical work*, Aachen: Shaker (2016), 141-154

5.1.3 Affeldt, F.; Siol, A.; Eilks, I. (2018). *Umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Themen im Schülerlabor differenziert gestalten: Chemie, Umwelt, Nachhaltigkeit - Schülerlaborangebote für alle Schülerinnen und Schüler*. In: LernortLabor (Hrsg.): *MINT.Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren*, Berlin: LernortLabor (2018), 104-107

5.1.4 Eilks, I., Zowada, C., Siol, A., Huwer, J. & Hempelmann, R. (2018): *Die Zukunft nachhaltig gestalten helfen – der Beitrag von Schülerlaboren*. In: LernortLabor (Hrsg.): *MINT.Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren*, Berlin: LernortLabor (2018), 140-147

5.2 Zeitschriftenartikel

5.2.1 Affeldt, F., Markic, S., Eilks, I. (2018): *Über die Nutzung abgestufter Lernhilfen beim forschenden Lernen*. In: *Chemie & Schule* (Salzbg.)

5.2.2 Affeldt, F., Markic, S., Siol, A., Eilks, I. (2018). *Neue Ansätze zur Differenzierung im Schülerlabor*. CHEMKON, angenommen / im Druck

5.2.3 Affeldt, F., Markic, S., Eilks, I. (2018). *Students' use of graded learning aids for inquiry learning*. *Chemistry in Action*, angenommen / im Druck.

5.2.4 Affeldt, F., Meinhart, D., Eilks, I. (2018). *The use of comics in experimental instructions in a non-formal chemistry learning context*. *International J. of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(1) (2018), 93-104

5.2.5 Affeldt, Fiona; Eilks, Ingo: *Using Internet and social media designs to contextualize science inquiry learning*. In: *School Science Review*, 99(369) (2018), 90-95

5.2.6 S. Haberzettl, J. Huwer & R. Hempelmann, *Sprachsensibilität bei der Arbeit im Schülerlabor*, in O. Haupt et al. (Hrsg.), *Schülerlabor-Atlas 2018*, LernortLabor, Berlin 2018

- 5.2.7 Huwer, J., Seibert, J., & Brünken, J. (2018) *Multitouch Learning Books als Versuchsanleitungen beim Forschenden Experimentieren am Beispiel von Süßungsmitteln*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 2018(03), 181-186.
- 5.2.8 Bröhl, K., Huwer, J., Haberzettl, S. & Hempelmann, R. (2017). *Das Schülerlabor als Ort der Sprachentwicklung - Sprachsensibler Unterricht rund um die Süßungsmittel*. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 66(6). (angenommen / im Druck)
- 5.2.9 Affeldt, F., Tolppanen, S., Aksela, M., Eilks, I. (2017). *The potential of non-formal chemistry education for curriculum development and innovation - A perspective based on two cases from Finland and Germany*. In: Chemistry Education Research and Practice, 18 (2017), 13-25.
- 5.2.10 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.
- 5.2.11 Markic, S., Wichmann, J., Affeldt, F., Siol, A., Eilks, I. (2017): *Promoting education for sustainability for all learners by non-formal chemistry laboratories*. In: Daruna, 44, 44-53
- 5.2.12 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 J. of Chemical Education **5**, 158-163. <http://pubs.sciepub.com/wjce/5/5/3> <https://doi.org/10.12691/wjce-5-5-3>
- 5.2.13 M. Seel, J. Huwer, H. Luxenburger-Becker, R. Hempelmann, N. Garner, A. Siol, I. Eilks, *Omega-3-Fettsäuren und Nachhaltigkeit im Schülerlabor*, CHEMKON 24, 391-396 (2017), <https://doi.org/10.1002/ckon.201710309>
- 5.2.14 Krause, D. & Huwer, J. (2016). *Wie arbeiten Schulen und Schülerlabore zusammen und wie kann man die Zusammenarbeit verbessern?* LeLa Magazin, 15, 8-9.
- 5.2.15 Huwer J. & Hempelmann R. (2016), *Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung*. PDN - Chemie in der Schule 65(3), 25-28
- 5.2.16 Affeldt, F., Markic, S., Siol, A.; Fey, S., Huwer, J., Hempelmann, R., Urbanger, M., Tandetzke, R., Kometz, A., Beck; U., Ducci M., Eilks, I. (2016). *Chemie, Umwelt und Nachhaltigkeit im Schülerlabor - Lernangebote für alle Schülerinnen und Schüler*. LeLa Magazin, 14, S. 12-13.
- 5.2.17 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*. Educational. Sciences 5, 238–254; doi:10.3390/educsci5030238
- 5.2.18 Belova, N.; Affeldt, F.; Eilks, I. (2015): *Von der Werbung zum Arbeitsblatt - Beispiel Biokunststoffe*. In: Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, 64(5) (2015), 33-35

5.3 Artikel in Tagungsbänden

- 5.3.1 Huwer, J., Brünken, R., Hempelmann, R. (2017). *Forschendes Experimentieren im Kontext einer MINT-Umweltbildung*. In: Christian Maurer (Eds.) *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Münster, Lit. S. 524-527.
- 5.3.2 Affeldt, F., Markic, S., Siol, A., Eilks, I., Fey, S., Huwer, J., Hempelmann, R., Urbanger, M., Kometz, A., Beck, U. Ducci, M. (2016). *Schülerlaborangebote zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für alle Schülerinnen und Schüler*. In C. Maurer (Ed.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, S. 488-490.

5.4 Auszeichnungen

A5.4.1 Auszeichnung FAU RS Beilngries

6. Statistik (digital auf der beiliegenden CD-ROM)