Ausgabe 29 | März 2021

LernortLabor
Bundesverband
der Schülerlabore

LeLamagazin

Neues aus dem Bundesverband

Spacelab 4.0 online, Versuchsaufbau im Zukunftslabor MINT
Quelle: Zukunftslabor MINT Hannover

2 **Umfrage: Schülerlabore digital – wie digital sind Schülerlabore?**

9 ***Lab2 Venture goes green* – nachhaltiges Unternehmertum macht Schule**

12 **Mikroplastik im Boden**

16 **Dem Zellwachstum auf der Spur**

Schülerlabore

DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen

Projekthaus Zunkunft MINT der Hochschule Hannover

Schülerlabor *Neurowissenschaft* der Uni Tübingen

EDITORIAL

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

Corona-Pandemie und gefühlt kein Ende. Zwar gibt es Lichtblicke in Form der hoffentlich jetzt schnell erfolgenden Immunisierung der Bevölkerung durch die Covid-19-Impfungen, aber schon zeichnen sich weitere dunkle Wolken am Horizont durch die aufkommenden, unterschiedlichen Corona-Mutanten mit neuen Eigenschaften ab. Viele Schülerlabore, auch das von mir betreute, sind mehr oder weniger seit einem Jahr Corona-bedingt geschlossen. Als Alternative zum direkten Besuch von außerschulischen Lernstandorten haben viele Schülerlabore damit begonnen, Online-Angebote zu erstellen oder auszubauen. Aus diesem Grund gab es Ende letzten Jahres eine Umfrage durch den Bundesverband zur Digitalisierung in Schülerlaboren. Die spannenden Ergebnisse fassen Olaf Haupt und Insa Stamer gleich zu Beginn dieser Ausgabe zusammen.

Sehr gefreut haben wir uns darüber, dass trotz Schließungen eine Reihe von Laboren bereit war, sich und ihre Arbeit den anderen LeLa-Mitgliedern vorzustellen. Wir haben spannende Berichte aus dem *DLR_School_Lab* Oberpfaffenhofen, aus dem *Projekthaus Zukunft MINT* der Hochschule Hannover und aus dem Schülerlabor *Neurowissenschaften* der Universität Tübingen erhalten.

Ein weiteres Highlight dieser Ausgabe stellt der ausführliche Projektbericht *Lab-2Venture goes green* zu Schülerprojekten über nachhaltiges Unternehmertum dar. In einem dieser Projektbeispiele taucht im Zuge der Konzeptionierung eines mobilen Escape-Rooms unerwartet das Thema Mikroplastik auf, das offensichtlich bei vielen Schülerinnen und Schülern immer mehr in den Fokus gerät. Passend dazu bietet der Artikel Mikroplastik im Boden in unserer neuen Kategorie Wissenschaft aktuell weitere interessante Einblicke in eine komplexe Thematik. Schließlich freuen wir uns darüber, dass wir ein weiteres Schülerforschungsprojekt mit dem Titel „Dem Zellwachstum auf der Spur“ in dieser Ausgabe vorstellen können.

Wir wünschen spannende Unterhaltung! Bleiben Sie gesund!

Herzliche Grüße im Namen des gesamten Redaktionsteams!

Knut Jahreis

Schülerlabore digital – wie digital sind Schülerlabore?

Eine Umfrage unter den Schülerlaboren

Das Thema „Digitalisierung“ macht auch vor den Schülerlaboren nicht halt. Nicht zuletzt hat die LeLa-Jahrestagung 2020 in Dresden gezeigt, dass viele Schülerlabore verschiedene digitale Methoden in ihren Kursen einsetzen, bis hin zu komplett digitalisierten Kursen, die online angeboten werden.

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projektes soll herausgefunden werden, wie weit die Digitalisierung in Schülerlaboren fortgeschritten ist. Welche digitalen Werkzeuge werden in Schülerlaboren verwendet? Welche digitalen Möglichkeiten werden für die Kommunikation und den Datenaustausch mit den Zielgruppen eingesetzt? Wie weit werden bereits ganze Kurse online angeboten? Im Dezember 2020 wurde dazu von LernortLabor eine Umfrage unter den Schülerlaboren durchgeführt, die Aufschluss über den Stand der Digitalisierung in den Schülerlaboren geben soll. Aus gegebenem Anlass wollen wir uns in diesem Artikel auf die Online-Angebote fokussieren.

Insgesamt konnten bei dieser Umfrage 286 auswertbare Datensätze von Schülerlabor-Betreibern erfasst werden. Fast ein Drittel gibt an, dass sie Angebote in Form von kompletten Online-Kursen zur Verfügung stellen. Ebenso viele Schülerlabore arbeiten dagegen überhaupt nicht online (Abb. 1).

Abb. 1: Angaben zum Angebot von Online-Kursen und Online-Material

Beleuchten wir kurz die Gründe, weshalb Schülerlabore keine Online-Angebote im Programm haben. Für 80 % stehen diese im Widerspruch zum „Hands-On“ Gedanken, der die Schülerlabore ausmacht. Bei knapp zwei Dritteln lassen sich die Inhalte der Kurse schlicht nicht online darstellen. Und bei einem guten Drittel scheitert das Angebot an personellen Ressourcen.

Interessant ist aber, dass für mehr als 60 % derjenigen, die bisher keine Online-Angebote im Programm haben, dieses aber doch eine Option sein könnte, wenn beispielsweise die Personaldecke besser wäre (>50 %), es eine entsprechende Finanzierung gäbe (>40 %) oder sie auf geeignetere Inhalte und Know How zugreifen könnten (>20 %).

Der Anlass für die Fokussierung dieses Artikels auf Online-Angebote ist natürlich die COVID-19-Pandemie, die einschneidende Änderungen im Ablauf des Schülerlabor-Alltags mit sich gebracht hat (vergleiche dazu LeLa *magazin* Nr. 28, November 2020, Seiten 4–6). So geben nahezu 80 % der online arbeitenden Schülerlabore an, dass die Pandemie der Grund ist, warum sie Online-Kurse oder ihre Präsenzkurse ergänzende Online-Angebote selber entwickelt oder in ihr Programm übernommen haben (Abb. 2). Neben der Notwendigkeit, trotz verschlossener Türen weiter für die eigene Zielgruppe da zu sein (vergl. Abb. 5), hat auch die veränderte zeitliche Verfügbarkeit zum Aufschwung der Online-Angebote beigetragen, wie wir aus den Mitteilungen im November ablesen konnten.

Zielgruppen

Auch nach den Zielgruppen der Online-Angebote wurde gefragt. Da oft auch die Schulen geschlossen sind oder waren, liegt es auf der Hand, dass sich viele Angebote an einzelne Schülerinnen und Schüler richten, mehr noch als an ganze Schulklassen. Wie auch im Präsenzbetrieb, richten sich die Angebote vorwiegend an höhere Altersklassen und auch an Lehrkräfte, womit die Lehrerfortbildungen der Schülerlabore ergänzt werden. Angebote gibt es prinzipiell für die gesamte Breite des Schulsystems und der Altersklassen.

Online – Kurse oder Angebote

Die Umfrage unterscheidet nun zwischen reinen Online-Kursen auf der einen und Angeboten, die online Präsenzkurse ergänzen sollen, auf der anderen Seite. Der Fokus liegt sehr deutlich auf den ergänzenden Materialien, die nicht nur als Teil von Präsenzkursen existieren müssen, sondern auch als Werkzeuge oder in sich abgeschlossene Angebote wie Lehr- und Erklärvideos oder Anleitungen für das Experimentieren zu Hause u.a. darstellen können (Abb. 3).

Schaut man sich das Drittel derjenigen Schülerlabore, die komplette Online-Kurse entwickelt haben etwas näher an, kommt man an der Frage nach den Gründen dafür nicht vorbei. Nur wenige Schülerlabore arbeiteten bereits vor den Lockdowns der Pandemie 2020 mit Online-Kursen. Mehr als 80 % der Schülerlabore haben dagegen gezielt nach Alternativen zu Präsenzkursen gesucht, um ein Angebot für Ihre Zielgruppe aufrecht erhalten zu können. Die Hälfte gibt aber auch an, Ihr Angebot denjenigen Schülern und Schülerinnen bzw. Lehrkräften zur Verfügung zu stellen, die aufgrund der räumlichen Entfernung nur mit erhöhtem Aufwand ein Schülerlabor besuchen können (Abb. 4).

Anschließend erhielten die Befragten die Möglichkeit ihre Online-Kurse namentlich zu nennen und kurz darzustellen. Insgesamt wurden an dieser Stelle 174 Kurse von 60 LaborbetreiberInnen beschrieben. Wie in Tab. 1 dargestellt wird, wurde bei den Beschreibungen häufig die Art des Kurses, wie beispielsweise das Experimentieren per Videokonferenz, die inhaltlichen Themen,

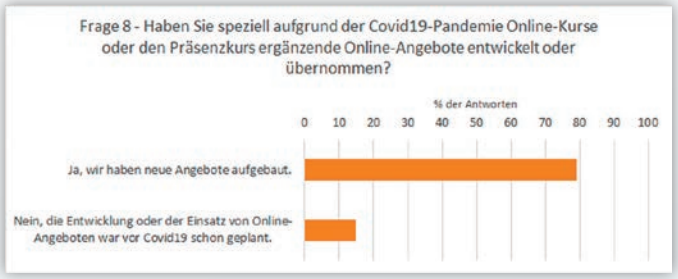


Abb. 2: Angaben zur Covid19-Pandemie als Grund für die Bereitstellung von Online-Angeboten

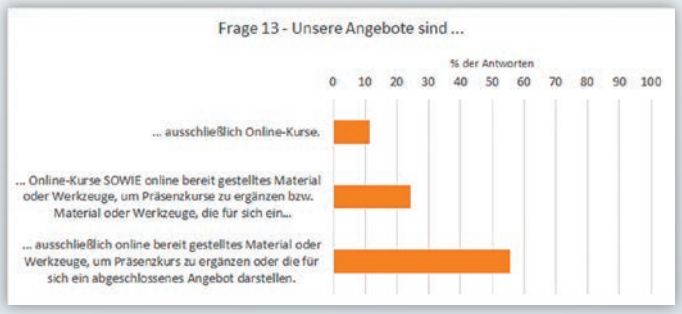


Abb. 3: Angaben zum Typ der Online-Angebote

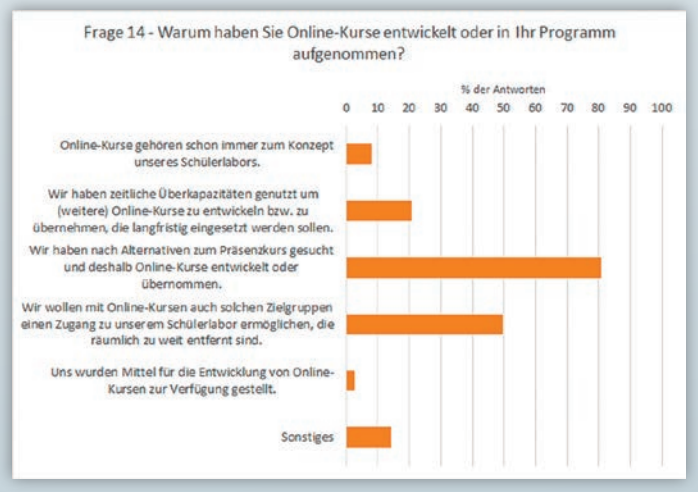


Abb. 4: Angaben zu den Gründen, warum Online-Kursen entwickelt wurden.

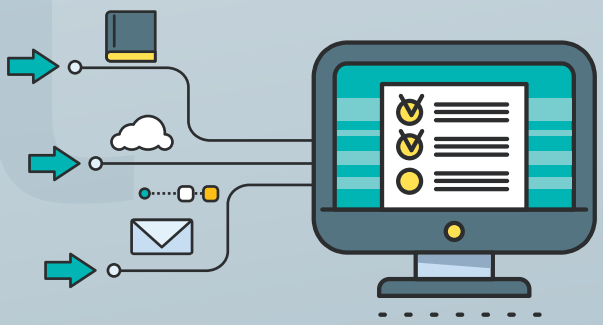


Tabelle 1

Merkmale (Nennungen)	Art des Kurses (103)	Thema (118)	Zielgruppe (47)	Zeitrahmen (9)	Akteure (2)
Beispiel 1 (Nennungen)	Experimentieren (21)	Programmieren (18)	SchülerInnen (42)	Wöchentlich/ Regelmäßig (3)	Dozenten (1)
Beispiel 2 (Nennungen)	Workshops/ Fortbildungen (9)	Robotik (10)	Lehrkräfte (5)	Mehrtägig (4)	Studierende (1)
Beispiel 3 (Nennungen)	Online-AGs (5)	Infektionskrankheiten/ COVID-19 (5)	Eltern/ Ewachsene (3)	Schulstunde (2)	Wissenschaft-lerInnen (1)
Beispiel 4 (Nennungen)	Digitale Führung (4)	(Wind)energie (4)	Familien (1)	-	-

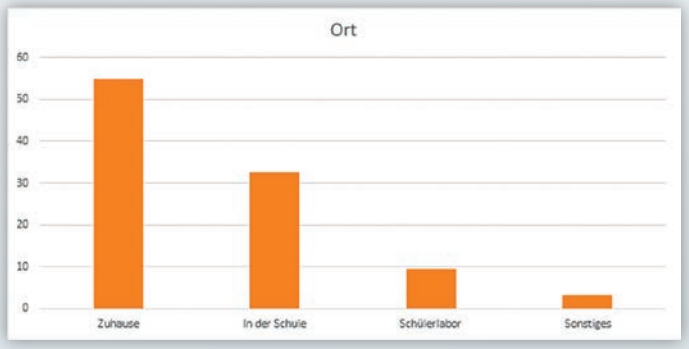


Abb. 5: Nennungen des Ortes (in %) an dem die Online-Kurse stattfinden.

Abb. 6: Angabe zur Annahme der Online-Kurse (in %).

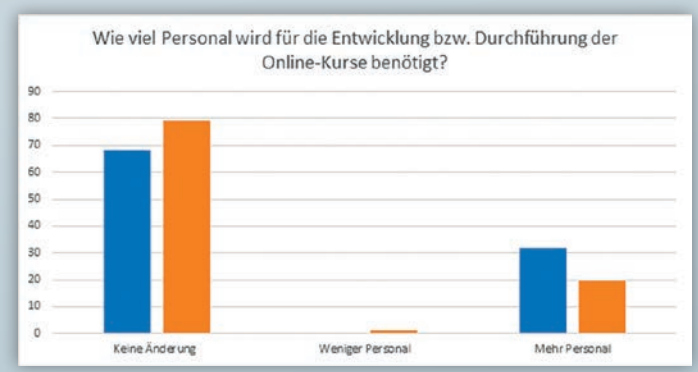


Abb. 7: Angabe zum benötigten Personal für die Entwicklung und Durchführung der Online-Kurse (in %).

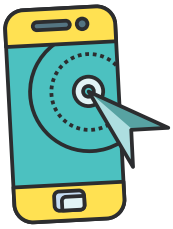
die Zielgruppe und teilweise der Zeitrahmen des Kurses sowie die durchführenden Akteure genannt. Bestimmte Kursarten und Themen werden von mehreren Schülerlaboren angeboten. Die am häufigsten genannten Merkmale der Kurse werden in der Tab. 1 dargestellt. Besonders auffallend war bei der Auswertung der Daten die große Heterogenität der Online-Kurse. So wurden Kursarten wie Hörbücher, Escape Rooms, Mitmach-Rätsel, Orientierungsläufe und Geo-Caching sowie Themen wie Messtechnik, Literatur, Ernährung, Astronomie und die Ampelsteuerung nur einmal genannt.

An dieser Stelle muss allerdings erwähnt werden, dass bei der Befragung nicht explizit nach den genannten Merkmalen gefragt wurde, weshalb bei einigen Kursbeschreibungen nicht alle Merkmale genannt wurden. Dennoch kann insgesamt eine große Vielfalt der Kurse, aber auch bestimmte wiederholt vorkommende Merkmale, wie das Programmieren, als am häufigsten genannte Themen festgestellt werden.

Die Frage nach dem Ort (Abb. 5) an dem die Online-Kurse stattfinden, wurde von insgesamt 77 LaborbetreiberInnen beantwortet. Die meisten Online-Kurse (105 Kurse; 55 %) werden von Zuhause aus durchgeführt, 62 Kurse (33 %) in der Schule und 18 Kurse (9 %) im Schülerlabor. Hierbei waren Mehrfachnennungen möglich, so dass einige Kurse an mehreren Orten durchgeführt werden können.

Akzeptanz

Nach Angaben der LaborbetreiberInnen werden die meisten Online-Kurse sehr gut (37 Nennungen; 32 %) oder gut (36 Nennungen; 31 %) angenommen. 26 Kurse (22 %) werden mäßig und 8 Kurse eher schlecht (5 Kurse; 4 %) oder sehr schlecht (3 Kurse; 3 %) angenommen (Abb. 6). Von zehn LaborbetreiberInnen (9 %) konnte zu dem Zeit-



punkt noch keine Aussage getroffen werden.

Die Entwicklung und die Durchführung der meisten Online-Kurse (Abb. 7) ist in den meisten Fällen (68 % bzw. 79 %) mit dem aktuell eingestellten Personal zu schaffen. Für 32 % bzw. 20 % Kurse wird zusätzliches Personal benötigt und kein bzw. ein Kurs könnte mit weniger Personal entwickelt bzw. durchgeführt werden.

Wie geht es weiter?

Wenn Präsenzveranstaltungen im Schülerlabor wieder möglich sind (Abb. 8), sollen die meisten Online-Kurse entweder zusätzlich zu den Präsenzveranstaltungen (37 Nennungen; 36 %), im geringeren Umfang (27 Nennungen; 26 %) oder hybrid, im Schülerlabor und von Zuhause aus (15 Nennungen; 15 %), durchgeführt werden. Drei Online-Kurse (3 %) sollen genauso weitergeführt werden, kein Schülerlabor möchte komplett auf Online-Kurse umstellen und neun Schülerlabore (9 %) wollen, wenn es wieder möglich ist, ausschließlich Präsenzveranstaltungen anbieten. Zwölf LaborbetreiberInnen (12 %) sind diesbezüglich noch unentschlossen.

Die Bandbreite der Angebote ist also groß! Ganz generell gefragt, ergibt sich die folgende Verteilung von Angebotstypen (Abb. 9):

Mehr als 70 % der Antworten geben an, bei einer entsprechenden zusätzlichen Finanzierung weiter Online-Kurse zu entwickeln. In erster Linie werden diese Mittel für zusätzliches Personal benötigt, das die Entwicklung und Herstellung durchführen kann.

Fazit

Es zeigt sich wieder einmal, dass Schülerlabore flexibel und schnell reagieren können, wenn es die Situation erfordert. Durch den engen Kontakt zu Schulen können die Schülerlabore den Bedarf an Online-Angeboten recherchieren und entsprechende Programme entwickeln. Das inhaltliche Spektrum der Schülerlabore deckt dabei übrigens nicht nur die naturwissenschaftlichen und technischen Fächer ab, sondern auch Sprachen, Wirtschaft- und Politikwissenschaften. Einige Praxisbeispiele zeigen wir auch im Internet auf der Webseite www.lernortlabor.de/online-angebote

Olaf Haupt und Insa Stamer

Abb. 8: Angabe zur Weiterführung von Online-Kursen (in %).

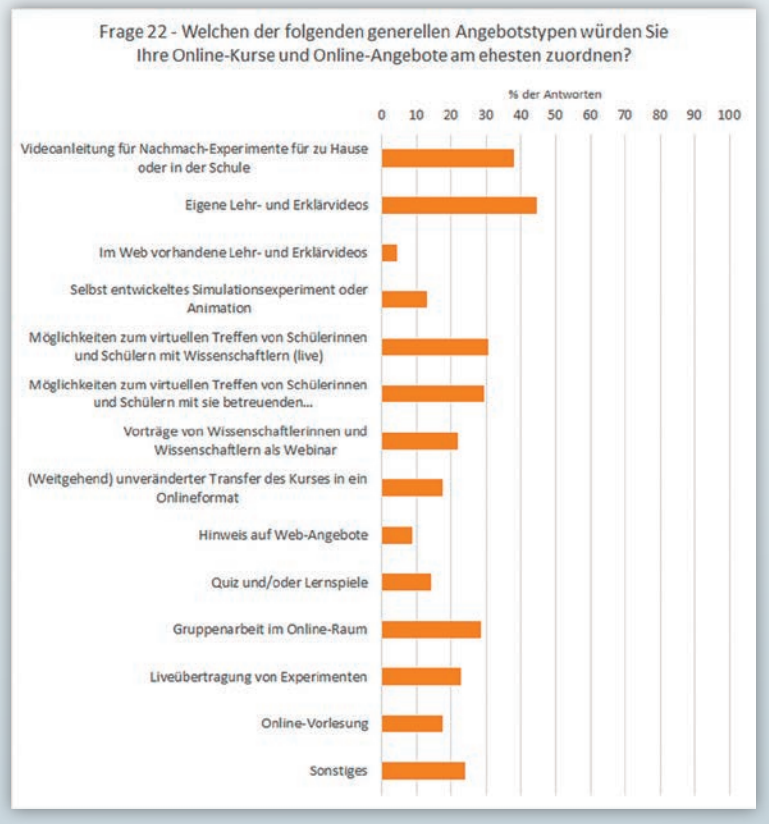
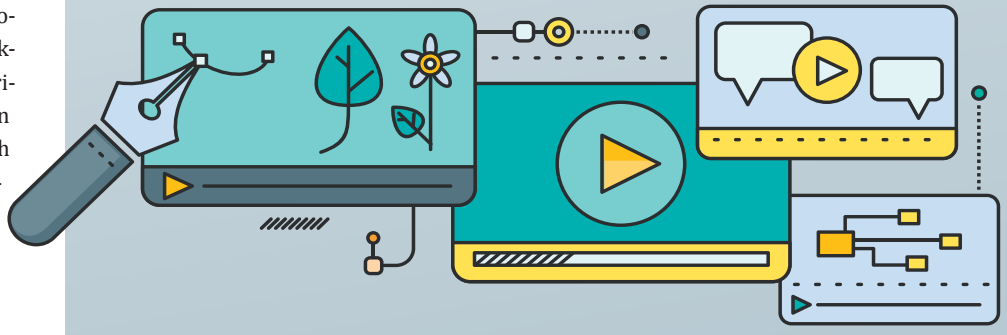


Abb. 9: Angaben zu den Angebotstypen der Online-Kurse



DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen

Maximale Authentizität

Das *DLR_School_Lab* Oberpfaffenhofen behandelt aktuelle Forschungsthemen und wichtige Umweltfragen. Es ist eines von derzeit 14 Schülerlaboren des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Das Konzept des Schülerlabors basiert auf spannenden High-Tech-Experimenten, die an einem besonders authentischen Ort mit echten Laborgeräten und Instrumenten aus der Weltraumforschung die wissenschaftliche Arbeit der DLR-Mitarbeiter*innen möglichst realistisch erlebbar machen (vgl. www.dlr.de/schoollab/oberpfaffenhofen). Vermittelt werden die Inhalte von speziell geschulten, meist studentischen Tutor*innen aus ganz unterschiedlichen Fachrichtungen und Disziplinen der Naturwissenschaften sowie von Wissenschaftler*innen des DLR. Seit seiner Gründung im Jahr 2003 wurde das *DLR_School_Lab* Oberpfaffenhofen von weit über 40.000 Schüler*innen besucht. Hinzukommen knapp 5.000 Lehrkräfte, die an Lehrerfortbildungen des Schülerlabors teilgenommen haben. Das Angebot, das sich neben ganzen Schulklassen auch an besonders begabte und talentierte Jugendliche ab der 8. Klasse richtet, wurde bereits mehrfach intern und extern evaluiert (z. B. Bohnhardt und Schüttler 2020).

Neben den etablierten Schulklassenbesuchen und der Betreuung von Schülerforschungsprojekten, widmet sich das Schülerlabor immer wieder neuen Themen und Herausforderungen, von denen wir im Folgenden drei beispielhaft vorstellen.

Internationale Kooperationen – nicht nur für Mädchen

Naturwissenschaftliche Forschung ist interdisziplinär und geht über Landesgrenzen hinweg. Das *DLR_School_Lab* ist daher seit vielen Jahren eingebunden in Kooperationen mit internationalen Partnern wie der europäischen Weltraumagentur ESA oder Universitäten im Ausland wie der Charles Universität in Prag. Seit 2018 arbeiten Schülerinnen aus Deutschland, Israel, den USA und Brasilien im Projekt *She Space International* gemeinsam an Themen der Satellitenfernerkundung und diskutieren ihre Forschungsergebnisse in Videokonferenzen und vor Ort im DLR (vgl. Ardon-Dryer et al. 2019). Diese Zusammenarbeit wird derzeit noch auf andere Länder ausgeweitet und soll Mädchen für Berufe in der Weltraumforschung begeistern. Denn obwohl das Thema Weltraum eines der wenigen ist, die von Jungen und Mädchen gleichermaßen als interessant empfunden werden, zieht es immer noch weniger Mädchen in entsprechende Studiengänge und Berufe (vgl. DeWitt und Bultitude 2018).

Online-Angebote – vor, während und nach Corona

Auf dem Internetportal *DLR_next* (www.dlr.de/next) bietet das DLR Multimediainhalte wie Erklärvideos, Animationen, Hintergrundinformationen und aktuelle Themen aus der DLR-Forschung für Kinder und Jugendliche an. Als Folge der Erfahrungen mit der Corona-Pandemie werden zudem inzwischen viele Angebote des *DLR_School_Lab* Oberpfaffenhofen auch online bereitgestellt. Hierzu zählen unter anderem live-Führungen in Institute und Einrichtungen wie das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum, online-Experimente zu Themen wie Infrarotmesstechnik und Raketenphysik sowie Webinare zur Satellitenfernerkundung oder Roboterprogrammierung. In Zeiten, in denen keine Schülerbesuche möglich sind, sind diese Angebote eine beliebte Abwechslung zum oft theorielastigen Unterricht. Aber auch, wenn Exkursionen wieder zur Tagesordnung an Schulen gehören, ermöglichen online-Angebote auch Gruppen einen Besuch in unserem Schülerlabor, denen dies sonst nicht möglich wäre. Daher bauen wir unser online-Angebot immer weiter aus.

Erschließen neuer Zielgruppen – nicht nur Show!

In den Jahren 2018 und 2019 hat die D*LR_Raumfahrt_Show* bundesweit tausende Kinder begeistert. Auch das *DLR_School_Lab* Oberpfaffenhofen war an den Shows beteiligt und das überwältigend positive Feedback dieser für uns ganz neuen, jungen Zielgruppe hat uns veranlasst, unser Angebot zukünftig auch für jüngere Kinder zu erschließen. Zu diesem Zweck arbeitet das Schülerlabor eng mit Grundschuldidaktiker*innen zusammen und hat sich neben der Begeisterung bereits der Jüngsten für Raumfahrtthemen auch neue Impulse in der Schülerlaborforschung zum Ziel gesetzt. Denn während die positive, interesseförderliche Wirkung von Schülerlaborbesuchen bei Jugendlichen durch eine Vielzahl von Studien längst nachgewiesen ist, sind Effekte für jüngere Kinder noch zu wenig erforscht.

Endlich 18 – und dann?

Das *DLR_School_Lab* Oberpfaffenhofen befindet sich in seinem „18. Lebensjahr“ und wird im September 2021 volljährig. Dies ist eine gute Gelegenheit, all jenen zu danken, die unser Schülerlabor seitdem in vielfältigster Weise unterstützt haben! Wie dieser Beitrag zeigen sollte, gibt es auch für unser bald erwachsenes Schülerlabor noch immer viele faszinierende neue Aufgaben, denen wir uns gerne auch in Zukunft stellen.

Tobias Schüttler und Dieter Hausamann

Literatur

- Ardon-Dryer, K., Maman, S., Friedlander, L. R., Schüttler, T., & Hakamada, R. (2019). She Space International-an Educational Project to Advance and Empower Female Students in STEM Focusing on Space Science. AGUFM, 2019, ED34A-07.
- Bohnhardt, T., & Schüttler, T. (2020). Fähigkeitsselbstkonzept im klassischen Schülerlabor. In K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Hrsg.), Handbuch Forschen im Schülerlabor. (S. 111-118) Münster: Waxmann.
- DeWitt, J., & Bultitude, K. (2018). Space Science: The View from European School Students. Research in Science Education (50), 1-17.

i

https://www.schuelerlabor-atlas.de/schuelerlabore/DLR_School_Lab_Oberpfaffenhofen

Das Projekthaus Zukunft MINT der Hochschule Hannover

Das „Projekthaus Zukunft MINT“ der Hochschule Hannover wurde 2016 gegründet. Organisatorisch ist es als Fachgebiet in die Fakultät Elektro- und Informationstechnik eingebunden.
Die Hochschule Hannover bietet als zweitgrößte Hochschule in Hannover mit rund 10 000 Studierenden ein breit aufgestelltes Fächerspektrum mit international angesehener Ausbildungsqualität im MINT-Bereich.
Das Team des Projekthaus Zukunft MINT besteht aus sieben wissenschaftlichen Mitarbeitenden aus den Bereichen Informatik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. Unterstützt wird das Team durch eine Vielzahl der MINT-Fächer Studierenden.

Zielsetzung der Initiative zur Gründung des Außerschulischen Lernortes, war die Verknüpfung zwischen Schulen in der Region Hannover und der Hochschule Hannover zu intensivieren und Schüler*innen frühzeitig für Themen im MINT-Bereich insbesondere des technischen Umfelds zu sensibilisieren.

Das Zentrum des „Projekthaus Zukunft MINT“ ist das Zukunftslabor MINT, das als außerschulischer Lernort, Bildungsangebote im MINT-Kontext für Schüler*innen sowie für Lehrkräfte vorhält. MINT Themen mit Alltagsbezug werden für interessierte junge Menschen attraktiv dargestellt. Der Fokus liegt darauf, die Studierendenzahl in den MINT Studiengängen zu erhöhen und insbesondere auch junge Frauen für ein MINT-Studium zu begeistern.

Das Projekthaus Zukunft MINT bietet Grundschulen, Sekundar- und Oberstufen maßgeschneiderte Lernangebote und Studienorientierung in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT).

Neben den schulergänzenden Workshop-Angeboten im Zukunftslabor MINT werden unter dem Dach des Projekthauses Zukunft MINT vielfältige Angebote zur Studienorientierung sowohl als unterrichtsunterstützende Elemente sowie als individuelle Angebote für Studieninteressierte bereitgestellt.

Im Zukunftslabor MINT erleben Schülerinnen und Schüler neueste Technologien unter professioneller Anleitung. Für Sekundar- und Oberstufen stehen beispielsweise Kurse im Halbtagsformat mit humanoiden NAO-Robotern, LEGO Mindstorms EV3, Arduinoboards, Löten von Elektronikschaltungen oder 3D-Druckverfahren zur Verfügung. Apps für Tablets und Smartphones sowie eigene Computerspiele werden programmiert. Ein Aruinoboard ist beispielsweise eine Platine mit Mikrocontroller, also einer Art Mini-PC, auf den mit einer Software Programme geschrieben werden, die dem Mikrocontroller Befehle erteilen. So können Lampen, Displays, Motoren, Sensoren oder Schalter miteinander in Funktion gebracht werden.

Speziell für Grundschulen werden MINT-Experimente zur Ergänzung des Sachunterrichtes aus den Bereichen Physik, Chemie und Technik angeboten.

Seit Frühjahr 2020 finden auch online-basierte Workshop- und AG-Formate sowie Berufsinformationsangebote statt.
Die AG „Spacelab 4.0. online“ (siehe Titelbild) z. B. ermöglicht das Versorgen einer Pflanze aus der Ferne. Falls notwendig werden sogar aus dem Homeschooling Wachstumsparameter über Sensoren erfasst und gesteuert sowie über eine Kamera die Ergebnisse überprüft. Die notwendige technische Ausstattung basierend auf einem Arduino Uno bekommen die Teilnehmer*innen als Bausätze zur Verfügung gestellt. Im Chat mit dem Team des Projekthaus Zukunft MINT werden Programmierkenntnisse vermittelt und die AG über ein Schulhalbjahr begleitet.

Die Themen im Zukunftslabor MINT sind eng verknüpft mit den MINT-Fakultäten der Hochschule (Elektro- und Informationstechnik, Maschinenbau und Bioverfahrenstechnik, Wirtschaft und Informatik). Im Mittelpunkt stehen die ingenieurwissenschaftlichen Fächer sowie Informatik und angewandte Mathematik. Die Teilnahme an den halbtägigen Workshops ist kostenlos. Anmeldungen erfolgen durch die Lehrkräfte. Neue Angebote werden gemeinsam mit den Fachbereichen der MINT-Fakultäten entwickelt und in kontinuierlichen Workshops für die Klassenstufen, die bereits das notwendige Basiswissen mitbringen, ausgebaut und an die Curricula angeknüpft. Von besonderer Bedeutung ist, dass das Zukunftslabor durchgängig Angebote von der 1. Grundschulklasse bis zum Abschluss für alle Schulformen vorhält. Auf diesem Wege soll erreicht werden, dass die interessierten Schülerinnen und Schüler von Anfang an Zugang zu MINT-Themen bekommen und dieses Interesse in Einzelangeboten stetig gefördert werden kann. Dazu ist angedacht, in den nächsten Jahren auch einen „Freien Labornachmittag“ anzubieten, an dem die Schülerinnen und Schüler, deren Interesse beim Erstkontakt mit dem Zukunftslabor im Rahmen des Schulbesuches geweckt wurde, ohne große Hürden individuell weiter gefördert werden können.

Workshop APP-Programmierung mit einer Schulklasse im Zukunftslabor
Quelle: Quelle Projekthaus Zukunft MINT

Ursula Stürmer und Doris Schmidt

HOCHSCHULE HANNOVER
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES AND ARTS
Fakultät I Elektro- und Informationstechnik
PROJEKTHAUS ZUKUNFT MINT

https://www.schuelerlabor-atlas.de/schuelerlabore/zukunftslabor_MINT

Schülerlabor Neurowissenschaft der Universität Tübingen

Die Gegenwart ist geprägt vom Umgang mit der COVID-19 Pandemie und Phänomenen wie Alternativen Fakten, Fake News, Scientific Misconduct und Fake Science. Schülerlabore tragen ganz wesentlich dazu bei, dass Schülerinnen und Schüler vor diesem Hintergrund die Grundlagen der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung erkennen.

Aufgrund der aktuellen COVID-19 Situation sind die Möglichkeiten des *Schülerlabors Neurowissenschaften* stark eingeschränkt. Ferienakademien, Girls' Day Aktivitäten, Besuche der Hector-Akademien, Vorlesungen in Kinder-Universitäten oder Lehrerfortbildungen sind gegenwärtig nicht möglich. Deshalb liegt der Fokus hier auf den Besuchen der Biologie-Kurse der gymnasialen Oberstufe, die unter Einhaltung der Hygienebedingungen der Universität durchgeführt werden können.

Die Einrichtung des *Exzellenzclusters für Integrative Neurowissenschaften (CIN)* ermöglichte Ende 2007 die Etablierung des *Schülerlabors Neurowissenschaften*. Nach einer kurzen Phase der Organisation und der erfolgreichen Suche nach geeigneten Laborräumen nahm das Schülerlabor im Schuljahr 2008/09 seinen Betrieb auf. Seine exzellente technische Ausstattung macht es möglich, dass Schülerinnen und Schüler (SuS) selbstbestimmt in kleinen Gruppen Experimente durchführen, die einerseits Inhalte vom Bildungsstandard Biologie der gymnasialen Oberstufe aufgreifen und andererseits Einblicke in aktuelle Forschungsthemen der Neurowissenschaften erlauben. 2010 wurde das Schülerlabor als ein *Ort im Land der Ideen* ausgezeichnet. Die Grundlagen der Anatomie des zentralen Nervensystems kann sehr gut an Lammhirnen erarbeitet werden. Extrazelluläre Ableitungen machen die Aufzeichnung von Aktionspotenzialen individueller Axone bei Schaben auch ohne langwierige Präparation möglich. Andere bioelektrische Signale können einerseits von Elektrischen Fischen registriert und mit verhaltensbiologischen Beobachtungen kombiniert werden. Andererseits können am eigenen Körper elektrische Signale in Form eines EEGs oder eines EMGs aufgezeichnet werden. Wahrnehmungsleistungen können durch psychophysische Experimente objektiv beschrieben werden. Verhaltensexperimente vermitteln die Grundlagen von Lernvorgängen. Die Aufzeichnung von Augenbewegungen lassen Rückschlüsse auf die Verlagerungen der Aufmerksamkeit einer Versuchsperson zu. Schlussendlich werden auch theoretische Aspekte der Neurowissenschaft wie die Programmierung eines autonomen Roboters oder die Grundlagen der computergestützten Bildverarbeitung erarbeitet.

Die Betreuung der Schülergruppen findet vor allem durch Studierende der Biologie statt, die dadurch bereits wichtige Erfahrungen für das gymnasiale Lehramt sammeln. Zusätzlich betätigen sich Doktoranden aus den verschiedenen neurobiologischen Instituten als Assistenten im Schülerlabor. Alle Assistenten erhalten spezielles Lehrmaterial, welches eine detaillierte Beschreibung der entwickelten Software, neurobiologisches Basiswissen sowie eine Liste der wesentlichen Publikationen beinhaltet. Die Assistenten bleiben im Hintergrund und animieren SuS zum selbstständigen Handeln, zur Formulierung von Hypothesen, die experimentell mit der zur Verfügung stehenden Apparatur überprüft werden können. Sie geben keine vorgefertigten Anleitungen aus, sie passen den Ablauf des Tages individuell an den Wissenstand des SuS an. So wird naturwissenschaftliches Arbeiten gemäß dem Motto *minds-on* realisiert, kein schlichtes Abarbeiten vorformulierter Aufträge im Sinne eines *hands-on* Ansatzes.

Ein ganz wesentlicher Bestandteil des *Schülerlabors Neurowissenschaften* ist die Präsentation der eigenen Ergebnisse in einem Seminar am Ende des Tages. Die computergestützte Erfassung der Messwerte und Auswertung der Daten liefert Abbildungen, die in den Präsentationen benützt werden können. Entweder verfügen die SuS bereits über genügend Expertise im Umgang mit Powerpoint und Excel, oder sie werden behutsam von den Assistenten bei der Erstellung der Präsentation unterstützt. Die Vorstellung und Diskussion der authentischen Befunde hilft, eine Abgrenzung zu den doch weit verbreiteten *Neuromythen* durchzuführen, die angeblich Hilfestellungen beim Lernen anbieten (Grospietsch und Mayer 2020).

Lehrerinnen und Lehrer haben im *Schülerlabor Neurowissenschaft* keine tragende Funktion. Als Versuchspersonen sind sie gefragt, um mögliche Alterseffekte nachzuweisen. Häufig sind die Lehrkräfte positiv überrascht über das Engagement ihrer SuS, welches sich manchmal deutlich vom Engagement in der Schule unterscheidet.

Die intensive Betreuung durch die Assistenten ist eine ganz wesentliche Säule des Erfolgs des Schülerlabors in Tübingen. Eine weitere Komponente für den Erfolg ist seine enge Vernetzung mit den neurowissenschaftlichen Instituten in Tübingen. Der Leiter des Schülerlabors ist ein renommierter Neurowissenschaftler am Hertie-Institut für klinische Hirnforschung und leitet dort die Arbeitsgruppe Okulomotorik.

Bilanz

Vom Schuljahr 2008/09 bis Ende 2020 nahmen etwas mehr als 26.000 Besucher an den verschiedenen Veranstaltungen des Schülerlabors teil. Zahlreiche Begegnungen mit Studierenden auf dem Campus der Universität Tübingen beginnen mit einem herzlichen Gruß ans Schülerlabor.

Prof. Dr. Uwe Ilg

Literatur

- Grospietsch F. und Mayer J. (2020). Misconceptions about neuroscience – prevalence and persistence of neuromyths in education. Neuroforum 25(2), 139-142.

i

Schülerlabor Neurowissenschaften
Werner Reichardt Centrum für Integrative Neurowissenschaften und Hertie-Institut für klinische Hirnforschung

https://www.schuelerlabor-atlas.de/schuelerlabore/Schuelerlabor_Neurowissenschaften

Lab2Venture goes green – nachhaltiges Unternehmertum macht Schule

Nachhaltiges Denken und Handeln in der Schule zu vermitteln, ist eine komplexe Aufgabe. Die Kultusministerkonferenz zur Bildung für nachhaltige Entwicklung empfiehlt, Nachhaltigkeit in möglichst vielen Unterrichtsfächern zu berücksichtigen, fächerübergreifend sowie über den Unterricht hinaus.[1] Das Bildungsprogramm *Lab2Venture goes green* ist ein hervorragendes Beispiel dafür. In diesem Beitrag möchten wir das Bildungskonzept vorstellen, die Rolle der Schülerlabore erläutern, über einzelne Schülerprojekte berichten und zeigen, wie das Projekt auf die Corona-Pandemie reagierte.

Konzept

Lab2Venture goes green ist ein Bildungsangebot des Schülerlabor-Netzwerkes GenaU (Gemeinsam für naturwissenschaftlich-technischen Unterricht), gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU). Es bringt Berliner und Brandenburger Jugendliche der 8. bis 12. Klasse mit grünen Startups, KMUs (kleine und mittlere Unternehmen) sowie Forschungs- und Bildungseinrichtungen zusammen. Die Jugendlichen erhalten echte Projektaufträge, die sie im Laufe eines Schuljahres in einem Angebot-/Auftragsverhältnis planen, umsetzen und präsentieren. Die Erstellung des Projektangebotes beinhaltet die Planung von Zielen, Ergebnissen, Kosten und Zeiten. Die zugrundeliegende Methode „Projektarbeit mit Ernstcharakter" wurde vom TheoPrax-Zentrum am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie entwickelt und durch das Einbringen von Schülerlaboren und dem Nachhaltigkeitsschwerpunkt konzeptionell erweitert.

Gearbeitet und geforscht wird vor allem in der Schule, teilweise mit Unterstützung der Betreuer*innen der Schülerlabore. Des Weiteren beinhaltet *Lab2Venture goes green* einzelne Projekttage in den Schülerlaboren sowie Besuche bei den auftraggebenden Institutionen.

Die Aufträge werden bewusst so prozess- und ergebnissoffen wie möglich formuliert, um den Jugendlichen die Chance zu geben, innovative Ideen zu entwickeln. Die Aufteilung in Kleingruppen fördert das interessensorientierte Arbeiten und die Schüler*innen finden im Team heraus, wo ihr Stärken und Schwächen liegen – eine wichtige Voraussetzung für die spätere Berufswahl. Außerdem lernen sie, dass eine gute Projektarbeit vielfältige Kompetenzen benötigt, eine Möglichkeit für Schüler*innen, sich über den normalen Fachunterricht hinaus zu profilieren. *Lab2Venture goes green* gibt so Jugendlichen die Chance, wichtige Kompetenzen (Selbstvertrauen, Mut, Kreativität, Teamfähigkeit, Problemlösungsverhalten, Kommunikations- und Kritikfähigkeit, nachhaltiges Denken, etc.) zu entwickeln und auszubauen.

Das Projekt ist geeignet für alle Schulformen. Darüber hinaus wird darauf geachtet, dass die Forschungsthemen zu den Schulcurricula passen und damit problemlos in den Unterricht integriert werden können.

Da die Auftraggeber und die Schulen individuell aufeinander abgestimmt werden, sind die Forschungsaufträge, an denen die Schüler*innen arbeiten, entsprechend vielfältig und auf unterschiedlichem Niveau. Das Projekt ist daher geeignet für alle Schulformen. Darüber hinaus wird darauf geachtet, dass die Forschungsthemen zu den Schulcurricula passen und damit problemlos in den Unterricht integriert werden können.

Die Kooperation mit den Auftraggebern soll den Schüler*innen Einblick in MINT- und MINT-assoziierte-Berufe geben und ihnen zeigen, dass neben MINT-Wissen weitere Kompetenzen gefragt sind. Außerdem sollen die Auftraggeber den Schüler*innen als Beispielinstitution dienen. Sie zeigen, was nachhaltiges Unternehmertum bedeutet, welche Nachhaltigkeitsziele sich Unternehmen setzen und wie sie diese erreichen.

Beteiligte Schülerlabore

Im Schuljahr 2019/2020 nahmen drei Mitglieder bzw. Partner von GenaU an *Lab2Venture goes green* teil: das Gläserne Labor auf dem Campus Berlin-Buch, das NatLab der Freien Universität Berlin und das Schülerforschungszentrum Berlin e.V. (SFZ) am Oberstufenzentrum Lise Meitner. Die Schülerlabore fördern die Jugendlichen, indem sie Einblicke in Methoden, Herangehens- und Denkweisen in Forschung und Technologieentwicklung geben.

Lab2Venture goes green in der Corona-Zeit

Die Corona-Pandemie beeinflusste auch *Lab2Venture goes green*. Um die Projektziele erreichen zu können, wurden folgende Anpassungen vorgenommen:

a) Um die Schülerprojekte des Schuljahres 2019/20 beenden zu können, war es teilweise nötig, die Ergebnisse zu vereinfachen, vor allem wenn praktische Arbeiten nicht durchgeführt werden konnten. Die teilnehmenden Schülerlabore und die Projektkoordinatorin unterstützten die Gruppen hierbei. Einige der Projekte werden im Schuljahr 2020/21 fortgesetzt, andere konnten leider nicht wie geplant beendet werden.

b) Aufgrund der Kontaktbeschränkungen und des Exkursionsverbotes an zahlreichen Schulen konnte keine gemeinsame Abschlussveranstaltung durchgeführt werden. Es wurden stattdessen für die einzelnen Projektgruppen individuelle, digitale Abschlussveranstaltungen durchgeführt.

c) Im Schuljahr 2020/21 gab es keine gemeinschaftliche Kick-off Veranstaltung. Stattdessen starteten die Projekte mit individuellen Kickoffs (digital und analog). Individuelle Kick-offs haben, wie wir feststellen konnten, den Vorteil, dass die einzelnen Aufträge flexibel und ganz nach individuellen Bedürfnissen der Schulen starten können, ein Aspekt, der über die Pandemiezeit hinaus hilfreich sein wird.

d) Der Vortragsabend zu nachhaltigem Unternehmertum für Lehr-

1 https://www.umwelt-im-unterricht.de/hintergrund/schuelerfirmen-als-lernort-fuer-nachhaltiges-denken-und-handeln/ (14.12.2020)

Herstellung von Dextrinleim Quelle: Grit Schmidt-Lorenz

kräfte und Betreuer*innen fand im Schuljahr 2019/20 nicht statt, stattdessen wurden Bildungsmaterialien zu dem Thema an die Teilnehmenden versendet. Für das Schuljahr 2020/21 ist ein Vortragsabend in Form einer Videokonferenz geplant.

e) Die Fortbildungen für die Lehrkräfte und Betreuer*innen wurden in 2020 webbasiert durchgeführt.

Projektbeispiele

Drei *Lab2Venture goes green*-Projekte aus dem Schuljahr 2019/2020 möchten wir Ihnen gerne exemplarisch vorstellen:

Klemmbrett 2.0 – Nachhaltige Alternative für Faserverbundwerkstoffe

Auftraggeber war das „Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM“. Das Projekt wurde von einem Biochemie-Seminarkurs des Rückert-Gymnasiums in Berlin umgesetzt. Betreut wurde das Projekt vom Schülerforschungszentrum Berlin e.V.

Die Schüler*innen hatten die Aufgabe ein neues nachhaltiges Materialkonzept für das Produkt „Klemmbrett“ zu entwickeln. Ziel hierbei war es, den Einsatz von primären fossilen Rohstoffen zu verringern. Vorzugsweise sollten hierbei die vorteilhaften Effekte von Faserverbundwerkstoffen genutzt werden.

Zu Beginn der Planungsphase teilten die Schüler*innen die wichtigsten Aufgaben untereinander auf. Es folgten Recherchen über Faserverbundwerkstoffe. Zur Unterstützung stellte der Auftraggeber einen Koffer mit Materialien zur Verfügung.

Das wichtigste vorausgesetzte Kriterium für die Eignung eines Stoffes war dessen Nachhaltigkeit, jedoch sollte das Endprodukt auch eine gewisse Belastbarkeit, sowie Wasser- und Temperaturbeständigkeit aufweisen. Daher wurden selbsthergestellte Varianten von Kasein- und Dextrinleimen als Matrix mit Flachsfasergelegen verbunden und experimentell auf die zuvor genannten Kriterien getestet.

Aufgrund der Corona Pandemie mussten die praktischen Arbeiten für einige Wochen eingestellt werden. In dieser Zeit wurden regelmäßige digitale Konferenzen zur weiteren Projektplanung und zur Vorbereitung der Abschlusspräsentation abgehalten. Die Gruppe präsentierte Ihre Ergebnisse auf einer digitalen Abschlussveranstaltung. Obwohl das Format für die Schüler*innen neu war, verlief die Präsentation erfolgreich.[2, 3]

Eine Schülerin fand während der Projektarbeit so viel Interesse an dem Thema, dass sie daran nun im Rahmen von Jugend forscht weiterarbeitet.

Nachhaltiger Anbau von Bienenfutter

Rund um das Gläserne Labor befinden sich schmale Blumenrabatten, deren Bepflanzung nicht genügend bienenfreundliche Blütenpflanzen enthält, um für Wildbienen und die eigenen Bienenvölker über einen längeren Zeitraum ausreichend Blüten anzubieten. Die Schüler*innen einer 8. Klasse der Hagenbeck-Schule bekamen daher die Aufgabe, sich mit dem nachhaltigen Anbau von Bienenfutter zu beschäftigen.

Auftraggeber war die Campus Berlin-Buch GmbH. Das Projekt lief im Rahmen des Service-Learning der 8. Klassen der Hagenbeck-Schule und wurde von einer Lehrkraft betreut. Das Gläserne Labor unterstützte das Projekt durch eine enge, kontinuierliche und schülerorientierte Zusammenarbeit während der gesamten Projektzeit.

Zu Beginn bildeten sich demokratisch gewählte Teams (Teamlei-

Bepflanzung der Beete Quelle: Gläsernes Labor

2 https://www.rueckert-gymnasium-berlin.de/klemmbrett-2.0.html (14.12.2020), 3 https://www.rueckert-gymnasium-berlin.de/files/Plakat.pdf (14.12.2020)

tung, Team Kommunikation, Team Projektplanung, Team Finanzen, Team Kochen). Auf der Auftaktveranstaltung auf dem Campus Berlin-Buch lernte die Gruppe ihren Auftraggeber und das zu bepflanzende Gelände kennen. Im Anschluss folgte die Planungsphase. Das Team Kochen versorgte die Projektgruppe mit selbst zubereitetem Essen (zum Teil mit Produkten aus dem Schulgarten). Die Planungsphase endete mit der Erstellung eines Projektangebotes. Das Angebot wurde vom Auftraggeber geprüft und der Auftrag erteilt. Danach begann die eigentliche Umsetzungsphase des Projektes: Erstellung einer Pflanzenliste, Entnahme von Bodenproben und Auswertung der Proben im Gläsernen Labor durch die Jugendlichen, Zuordnung der Pflanzen zu den Beeten. Bei den ausgewählten Pflanzen handelte es sich um mehrjährige reich blühende Stauden, die jeweils passend für den Beetstandort ausgewählt wurden. Wegen der Pandemie musste der Bodenaustausch und die Bepflanzung der Beete von Mitarbeiter*innen und FÖJler*innen des Gläsernen Labors durchgeführt werden.

Mit *Lab2Venture goes green* und einem weiteren Schulprojekt konnte die Hagenbeck-Schule den Titel „Umweltschule in Europa / Internationale Nachhaltigkeitsschule“ gewinnen.[4]

Erstellung der Rätselsteckbriefe Quelle: Moritz Matthies

Mobiler Escaperoom

Auftraggeber war das Sozialunternehmen „Horizontereignis gUG“. Eine freiwillige Schüler-AG des Dreilinden-Gymnasiums erhielt die Aufgabe, einen mobilen Escaperoom für Schüler*innen der 5. bis 7. Klasse zu konzipieren, den man in einen Kofferraum eines Autos packen kann, um ihn für die Bildungsarbeit in Schulen einzusetzen. Der Escaperoom sollte außerdem eine Geschichte zum Thema Nachhaltigkeit erzählen.

Betreut wurde das Projekt von einem Deutsch-Chemie-Lehramtsstudenten der Freien Universität Berlin, der beim NatLab ein Praktikum absolvierte sowie einer Lehrerin vor Ort mit der Fächerkombination Biologie/Chemie.

Zu Beginn entschied die Gruppe, sich auf das Thema Mikroplastik zu fokussieren, da sie bei dem Thema einen besonders großen Handlungsbedarf in der Gesellschaft sah. Nach intensiven Recherchen wurde eine spannende Geschichte für den Escaperoom erdacht, die aus verschiedenen Rätseln eine zusammenhängende Aufgabe machen sollte. Im Anschluss wurden die Rätsel entwickelt. Die daraus resultierenden Rätselsteckbriefe waren ein zentrales Ergebnis der Arbeit.

Wegen der Corona-Pandemie konnten viele praktische Arbeiten, die die Gruppe darüber hinaus geplant hatte, nicht durchgeführt werden. Diese Aufgaben wurden daher ins Schuljahr 2020/21 verlegt.

Berufsorientierung und Bildung für Nachhaltige Entwicklung BNE bei GenaU

Kooperationsprojekte zur Berufsorientierung bilden für das Netzwerk seit Jahren eine sinnvolle Ergänzung zum naturwissenschaftlich-technischen Unterricht und ermöglichen es GenaU, inhaltlich zusammen zu arbeiten, neue Kooperationspartner zu gewinnen und sich qualitativ weiterzuentwickeln (siehe auch LeLa *magazin*, Ausgabe 5 zu Experimente mit Herz sowie Ausgabe 23 zu beMINT).

Angefangen mit einer von der UNESCO-Kommission geförderten, gemeinsam mit LernortLabor und dem Geco-Lab organisierten Fortbildung zu BNE im Sommer 2018 (vgl. LeLa *magazin*, Ausgabe 22), erachtet das Netzwerk GenaU Nachhaltigkeit als einen überaus wichtigen Aspekt in seiner Netzwerkarbeit. Mit *Lab2Venture goes green* ergab sich die Chance, Berufsorientierung mit BNE zu verbinden und beide Bereiche weiter auszubauen. Jugendlichen können so verschiedene Perspektiven für ihre Zukunft aufgezeigt werden. Dadurch fördern Schülerlabore sehr praxisorientiert und anschaulich die Entwicklung der Kompetenzen für BNE und MINT in Zusammenhang mit Berufs- und Studienorientierung.

Durch *Lab2Venture goes green* erweitern die Berliner und Brandenburger Schülerlabore ihr Profil, indem sie ein längerfristiges Angebot für Schulen schaffen und so eine intensive und praktische Auseinandersetzung mit den Themen Unternehmertum, Nachhaltigkeit und den SDGs über ein Schuljahr hinweg ermöglichen. Durch die Zusammenarbeit mit Start-ups und KMUs gewinnt das Netzwerk neue Kooperationspartner.

Das Berlin-Brandenburgische Schülerlabor-Netzwerk GenaU mit seinen 16 Mitgliedern und acht assoziierten Partnern hat seinen Sitz an der Freien Universität Berlin und wird gefördert durch den Senat für Bildung, Jugend und Familie.

Marion Immel und Silke Vorst

4 Quelle: Abschlussbericht der Projektgruppe, verfasst von Elke Mahrenholz.

Mikroplastik im Boden

Der stetig steigende Plastikkonsum und der damit verbundene zunehmende Eintrag von Plastikpartikeln in die Umwelt stellen eine zunehmende Belastung vieler Lebensräume dar. Viele Jahrzehnte stand die Problematik von Plastik in aquatischen Ökosystemen im Fokus, doch seit einigen Jahren wird auch die Bedeutung von Plastik in terrestrischen Ökosystemen erkannt. Kleine Plastikpartikel werden mittlerweile selbst in entlegenen Gebieten wie der Arktis gefunden (Bergmann et al. 2019). Das Thema Plastik hat eine hohe gesellschaftliche Relevanz, da Menschen sowohl bei der Entstehung von Mikroplastik beteiligt, als auch von den Auswirkungen betroffen sein können.

In der Ökologie hat sich als Begriffsdefinition durchgesetzt, wasserunlösliche, synthetische Polymere von 1-5.000 µm Größe als Mikroplastik anzusehen. Kleinere Partikel werden als Nanoplastik bezeichnet. Mikroplastik kann viele verschiedene Formen (z. B. Pellets, Folienstücke, Fragmente, Schäume oder Fasern, siehe Abb. 1) und unterschiedliche Chemie haben. Bekannt sind z. B. Plastikflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET), Folien aus Polyethylen (PE), Kleidungs-Fasern aus Polyester (PES) oder Polyaycryl (PA) oder Verpackungen aus Polystyrol („Styropor"; PS).

Die Analytik von Mikroplastik im Boden stellt uns momentan vor große Herausforderungen. Einerseits wird Mikroplastik durch Bodenorganismen oder Pflügen rasch in tiefere Bodenschichten eingearbeitet und ist somit für das bloße Auge nicht mehr sichtbar. Eine Beprobung und manuelle Auslese von größeren Mikroplastik-Partikeln ist zwar möglich, aber sehr arbeits- und zeitaufwändig. Für die Quantifizierung kleinerer Mikroplastik-Partikel in Bodenproben hat sich bis jetzt noch keine effiziente Methode etabliert; dies ist aber Gegenstand intensiver Forschung (Möller et al. 2020).

Quellen und Konzentrationen im Boden

Neben punktförmigen Quellen aus der Industrie und Transportunfällen gelangt Mikroplastik durch unsachgemäße Entsorgung (auch Littering genannt), Verwehung und Abfluss von Reifen- und Straßenabrieb, atmosphärische Deposition (durch Höhenwinde transportierte Partikel) und durch Flusswasser, das bei Überflutungen Partikel anschwemmt, in die Böden. Für landwirtschaftliche Böden spielen v.a. Klärschlamm und organische Dünger eine Rolle, aber auch Folien (Gewächshäuser, Spargel- und Erdbeeranbau), Netze und Gemüseschutzvliese sowie Langzeitdünger mit synthetischer Beschichtung. Die Anzahl an Mikroplastik-Partikeln liegt in deutschen Ackerböden im Durchschnitt bei 0,3 Partikeln je kg Boden (Bergmann 2019). Diese Zahl ist jedoch aufgrund der schlechten Studienlage und der oben erwähnten Schwierigkeiten bei der Analytik nur eine grobe Schätzung. In chinesischen Ackerböden, wo Mulchfolien oft einfach untergepflügt werden, wurden Gehalte bis zu 50 g m-3 erfasst (Zhang et al. 2016). Organische Dünger, die auf Ackerböden aufgebracht werden, können bis zu 200.000 Partikel je kg (Klärschlamm) bzw. bis zu 180 mg je kg (Kompost) enthalten (Zubris und Richards 2005; Bläsing und Amelung 2018).

Das Hauptproblem von Mikroplastik-Partikeln jeglicher Art im Boden besteht in ihrer Stabilität (auch Biopersistenz genannt), das heißt, dass sie sich nur sehr langsam abbauen (100 bis 1000 Jahre)

Abb. 1: Polyester-Fasern im Boden

Quelle: Eva Leifheit

und sich im Boden anreichern werden. Durch die Grabeaktivitäten von Regenwürmern und Springschwänzen werden die Partikel in tiefere Bodenschichten eingetragen, wo ihre Zersetzung aufgrund fehlender UV-Strahlung und geringerer mikrobieller Aktivität verlangsamt ist (Rillig et al. 2017, Maaß et al. 2017). Innerhalb solch langer Zeiträume ist davon auszugehen, dass Interaktionen zwischen den Partikeln, dem Boden und dessen Bewohnern auftreten.

Auswirkungen auf Pflanzen, die Bodenstruktur und Bodenorganismen

Die Wissenschaft beginnt gerade erst, die Auswirkungen von Mikroplastik im Boden auf die Pflanzengesundheit zu verstehen. Für verschiedene Pflanzenarten konnte gezeigt werden, dass Mikroplastik im Boden zu erhöhter ober- und unterirdischer Biomasse und auch Veränderungen des Wasser- und Nährstoffgehalts von Blättern führte (Qi et al. 2018, de Souza Machado et al. 2019). Andererseits wurden negative Effekte auf das Pflanzenwachstum beobachtet (Bosker et al. 2019). Die zugrunde liegenden Mechanismen sind noch ungeklärt, es wird aber vermutet, dass die durch Mikroplastik veränderten Bedingungen im Boden eine Rolle spielen.

Boden ist ein sehr komplexer Lebensraum mit einer enormen Oberfläche, die durch Bodenkrümel (Bodenaggregate) gebildet wird. Hierdurch entsteht viel Platz für Lebewesen aller Art, besonders im mikroskopischen Bereich. Das Zusammenspiel von Bodeneigenschaften und Aktivitäten der Bodenbewohner führt normalerweise zu einem gesunden Boden, auf dem Pflanzen gut wachsen können. Dieses Zusammenspiel kann aber auch durch Kontamination mit Mikroplastik-Partikeln gestört oder verändert werden.

Für die Bodengesundheit ist eine stabile Bodenstruktur immens wichtig, also der Zusammenhalt von Bodenpartikeln (Aggregaten), die den Pflanzenwurzeln Halt geben, Wasser versickern lassen und den Boden vor Erosion schützen. Mikroplastik, insbesondere Fasern, kann die Bodenstruktur negativ beeinflussen, in dem die Stabilität oder die Größe der Bodenaggregate abnimmt (Lehmann et al. 2020). Hierdurch können die Lebensbedingungen für Bodenorganismen, die Wasserhaltefähigkeit oder die Kohlenstoffspeicherung im Boden verändert werden. Fasern werden in Bodenaggregate integriert und können so deren Zusammenhalt stören.

Zu einem gesunden Boden gehört ebenso eine funktionierende mikrobielle Gemeinschaft, die aktiv organisches Material umsetzt und Nährstoffe freigibt. In einer Handvoll Boden leben mehr als 10 Mrd. Lebewesen; Boden ist damit einer der artenreichsten Lebensräume der Welt (Gisi et al. 1997). Über die Auswirkungen von Plastik auf die Bodenbewohner haben wir allerdings nur geringe Kenntnisse. Für Regenwürmer wurde berichtet, dass sie nach der Aufnahme von Mikroplastik Entzündungsreaktionen und Verletzungen in ihrem Darmsystem zeigen, sowie ihr Immunsystem hochgefahren wird. Abhängig von der Dosis der Partikel in ihrer Umgebung wachsen Regenwürmer und Springschwänze langsamer, produzieren weniger Nachwuchs und sterben häufiger (Büks et al. 2020). Bei Fadenwürmern wurde beobachtet, dass die negativen Effekte des Mikroplastiks nachließen, wenn vor der Exposition die im Mikroplastik enthaltenen Zusätze (Additive) ausgewaschen wurden (Kim et al. 2020). So sind vermutlich die Additive für einige der beobachteten negativen

Abb. 2: Springschwänze transportieren Mikroplastik (Urea-Formaldehyd) im Boden. Quelle: D. Daphi und K. Reinhart

Auswirkungen verantwortlich, doch auch an der Mikroplastikoberfläche absorbierte Schadstoffe (z. B. Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder Insektizide) oder pathogene Organismen (Krankheitserreger) können zu den negativen Effekten beitragen (Wang et al. 2019).

Eine häufige Beobachtung bei Mikroplastik-Versuchen ist die Veränderung der mikrobiellen Aktivität im Boden. Negative Auswirkungen könnten auf die Additive und mögliche angelagerte Schadstoffe zurückzuführen sein (Yu et al. 2020). Erhöhte mikrobielle Aktivität wird wohl durch veränderte bodenphysikalische Bedingungen und den im Plastik enthaltenen Kohlenstoff hervorgerufen, der den Mikroben als Energiequelle dient (de Souza Machado 2019). Dies wurde besonders deutlich in einer kürzlichen Studie mit Reifenabrieb, dessen Bestandteile vergleichsweise rasch abgebaut werden (siehe Abb. 3; Baensch-Baltruschat et al. 2020). Die verschiedenen in Versuchen beobachteten Effekte sind nicht ungewöhnlich und können auf Unterschiede zwischen Plastiktyp, -form und -größe zurückgeführt werden.

Abb. 3: Ein Aggregat aus sandigem Boden (helle Körnchen) vermischt mit Reifenabrieb (schwarzes Material) Quelle: Eva Leifheit

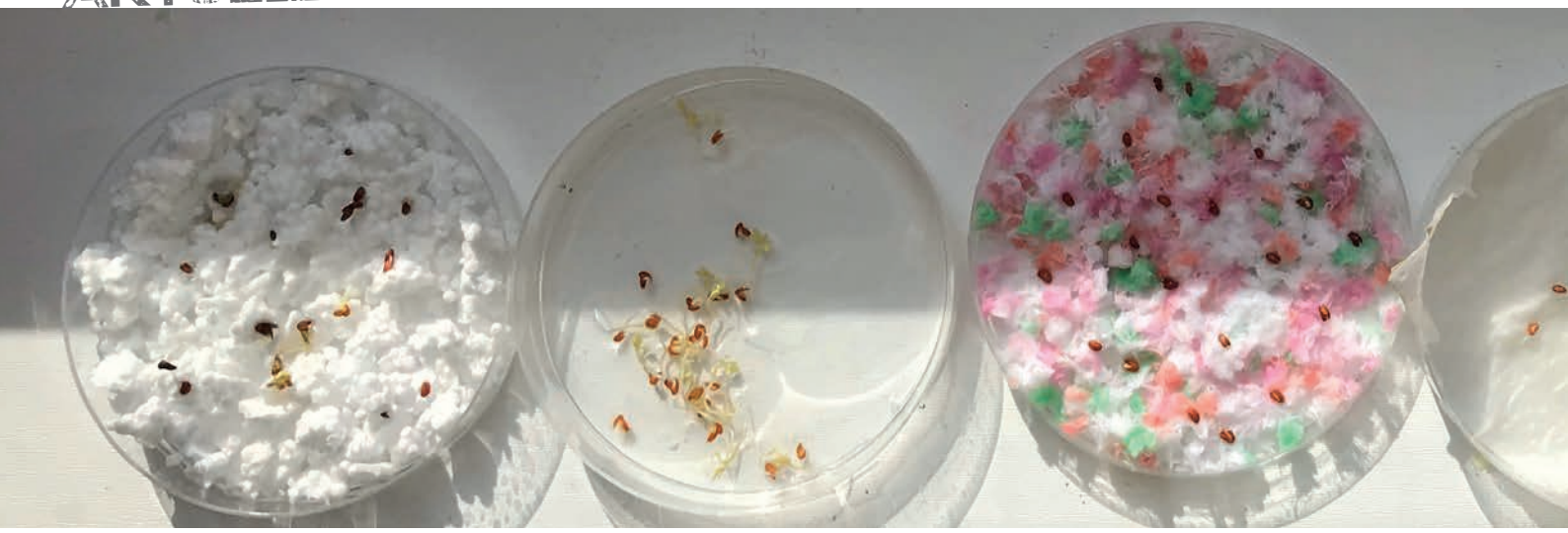


Abb. 4: Keimtests mit Kresse und verschiedenen Mikroplastik-Materialien Quelle: Lena Ambrosius

Eine Sorge, die Gesellschaft und Wissenschaftler momentan umtreibt, ist die Frage, ob sich Mikroplastik in der Nahrungskette anreichert oder von Nahrungspflanzen aufgenommen wird und somit letztendlich beim Menschen ankommen kann. Der Anstieg von Mikroplastik-Partikeln (Akkumulation) mit zunehmendem trophischen Level (Stellung im Nahrungsnetz), wie er in aquatischen und terrestrischen Nahrungsnetzen beschrieben wurde, konnte so bisher im Boden nicht nachgewiesen werden. Es muss leider trotzdem davon ausgegangen werden, dass die Weitergabe entlang des Nahrungsnetzes existiert. Es gibt bisher nur eine Studie, die die Weitergabe von Partikeln ausgehend von Mikroorganismen über Regenwürmern zu Hühnern nachgewiesen hat (Huerta Lwanga et al. 2018). Ein erster Versuch konnte zeigen, dass Nanoplastik (< 1 µm) in Hydrokultur von Pflanzenwurzeln aufgenommen wird, dabei hängen Wurzeln in einem Wasserbad (Li et al. 2020). Da Plastikpartikel im Boden jedoch gebunden und physikalisch zurückgehalten werden können, bedeutet dieser Fund nicht, dass wir schon jetzt mit einer Plastikkontamination von Nahrungspflanzen rechnen müssen, jedoch weitere Forschungsergebnisse abwarten sollten (Rillig 2020).

Eine Hoffnung, die Wissenschaftler umtreibt, ist die Möglichkeit, Plastik biologisch (durch Mikroorganismen) abzubauen. Erste Studien zeigen, dass bestimmte Bakterien in den Därmen von Regenwürmern Bestandteile von Mikroplastik abbauen können, was zu einer insgesamt schnelleren Abbaurate dieser Partikel führen kann (Huerta Lwanga et al. 2018). Auch bestimmte Bodenpilze und -bakterien können Polymere im Boden abbauen (Ru et al. 2020). Trotzdem finden diese Prozesse sehr langsam statt und die Verschmutzung der Böden mit vielen verschiedenen Arten von Plastik schreitet immens voran. In welchem Umfang die Mikroorganismen also helfen können Mikroplastik abzubauen, ist momentan nicht abzusehen; könnte aber für industrielle Zwecke, z. B. in Kompostieranlagen, zukünftig eine Rolle spielen.

Erfahrungen aus Schülerlaboren mit Experimenten zu Mikroplastik im Boden

An der Freien Universität Berlin wurden bereits erfolgreich Workshops zum Thema Mikroplastik durchgeführt, z. B. im Rahmen des Schülerlabor NatLab. Hierbei standen die Organismen der terrestrischen Nahrungskette, v.a. Collembolen und Regenwürmer, aber auch aquatische Organismen wie der Wasserfloh im Fokus. Bei Präsenzveranstaltungen haben wir mikroskopische Untersuchungen durchgeführt, bei Online-Seminaren haben die Schüler*innen zu Hause Keimtests mit Kresse durchgeführt (Skiebe-Corrette et al. 2020). Workshops mit Tieren können sich als schwierig erweisen, weil ihre Behandlung einige Erfahrung erfordert und es bei falschen Lebensbedingungen rasch zum Tod der Organismen kommen kann. Einfach handzuhaben sind Keimtests, für die man verschiedene Plastiktypen einsetzen kann oder mit Mikroplastik versetzte Bodenproben, die am Mikroskop angeschaut werden.

Ausblick

Bisher standen ökotoxikologische Studien im Vordergrund, doch zunehmend werden weitergehende Fragen, wie z. B. zur Abbaubarkeit der Polymere, zu den zu Grunde liegenden Mechanismen der beobachteten Effekte oder zu den Auswirkungen auf Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufe gestellt. Mikroplastik wird zunehmend als Faktor des globalen Wandels angesehen. Daher stehen zukünftig Fragen zu den Auswirkungen von Interaktionen verschiedener Faktoren globalen Wandels im Fokus. Denn bisher wurden die Effekte meist isoliert betrachtet. Doch ein gleichzeitiges Auftreten mehrerer Faktoren des globalen Wandels ist wahrscheinlich, wie z. B. von Erwärmung, Trockenheit, -Anstieg, Pestizid-Eintrag und Mikroplastik-Verschmutzung. In einer kürzlich erschienenen Studie der Freien Universität konnte gezeigt werden, dass die Anzahl der betrachteten Faktoren einen erheblichen Einfluss auf das Untersuchungsergebnis hat (Rillig et al. 2019). Für alle Auswirkungen von Mikroplastik auf den Boden gibt es bisher nur Erkenntnisse zu kurzzeitigen Effekten, Langzeitauswirkungen sind weitestgehend unbekannt. Um die Problematik zunehmender Mikroplastik-Verschmutzung in den Griff zu bekommen, bedarf es gemeinschaftlicher Anstrengungen von Forschung, Politik, Landwirtschaft und Gesellschaft.

Leifheit, Eva F.[1,2] und Maaß, Stefanie[2,3]
[1] Freie Universität Berlin, Institut für Biologie, Ökologie der Pflanzen
[2] Berlin-Brandenburg Institute of Advanced Biodiversity Research
[3] Vegetationsökologie und Naturschutz, Institut für Biochemie und Biologie, Universität Potsdam

Literatur

- Baensch-Baltruschat, B., Kocher, B., Stock, F., Reifferscheid, G. (2020). Tyre and road wear particles (TRWP) - A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment. Science of the Total Environment 733:137823. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137823
- Bergmann, M., et al. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. Science advances 2019/5, eaax1157, doi: 10.1126/sciadv.aax1157.
- Bläsing, M., Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. The Science of the total environment 612, 422–435. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.086.
- Bosker, T., Bouwman, LJ., Brun, N.R., Behrens, P., Vijver, M.G. (2019). Microplastics accumulate on pores in seed capsule and delay germination and root growth of the terrestrial vascular plant Lepidium sativum. Chemosphere 226:774–781. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.03.163.
- Büks, F., Loes van Schaik, N., and Kaupenjohann, M. (2020). What do we know about how the terrestrial multicellular soil fauna reacts to microplastic? SOIL 6(2), 245-267. doi: 10.5194/soil-6-245-2020.
- de Souza Machado, AA, Lau, C.W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J.B., Faltin, E., Becker, R., Görlich, A., Rillig, MC. (2019). Microplastics can change soil properties and affect plant performance. Environ Sci Technol 53:6044. doi: 10.1021/acs.est.9b01339.
- Gisi, U., Schenker, R., Stadelmann, F.X., Sticher, H. (1997): Bodenökologie. 2. Auflage. Stuttgart; New York: Thieme.
- Huerta Lwanga, E., Thapa, B., Yang, X., Gertsen, H., Salánki, T., Geissen, V., Garbeva, P. (2018) Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: a potential for soil restoration. Sci Total Environ 624:753–757. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.144.
- Kim, S.W., Waldman, W.R., Kim, T.-Y., and Rillig, M.C. (2020). Effects of Different Microplastics on Nematodes in the Soil Environment: Tracking the Extractable Additives Using an Ecotoxicological Approach. Environmental Science & Technology 54(21), 13868-13878. doi: 10.1021/acs.est.0c04641.
- Lehmann, A., Leifheit, E.F., Feng, L., Bergmann, J., Wulf, A., Rillig, M.C. (2020). Microplastic fiber and drought effects on plants and soil are only slightly modified by arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Ecology Letters. doi:10.1007/s42832-020-0060-4.
- Li, L., Y. Luo, R. Li, Q. Zhou, W. J. G. M. Peijnenburg, N. Yin, J. Yang, C. Tu and Y. Zhang (2020). Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. Nature Sustainability 3(11): 929-937. doi: 10.1038/s41893-020-0567-9.
- Maaß, S., Daphi, D., Lehmann, A., Rillig, MC. (2017). Transport of microplastics by two collembolan species. Environmental Pollution 225: 456-459. doi: 10.1016/j.envpol.2017.03.009.
- Möller, J.N., Löder, M.G.J., Laforsch, C. (2020). Finding Microplastics in Soils: A Review of Analytical Methods. Environmental Science & Technology 54:2078-2090. doi:10.1021/acs.est.9b04618.
- Qi Y., Yang, X., Pelaez, AM., Huerta Lwanga, E., Beriot, N., Gertsen, H., Garbeva, P., Geissen, V. (2018). Macro- and micro- plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (Triticum aestivum) growth. Sci Total Environ 645:1048–1056. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.229.
- Rillig, M.C., Ziersch, L., Hempel, S. (2017). Microplastic transport in soil by earthworms. Scientific reports 7: 1362. doi: 10.1038/s41598-017-01594-7.
- Rillig, M.C. et al. (2019). The role of multiple global change factors in driving soil functions and microbial biodiversity. Science 366:886-890. doi:10.1126/science.aay2832
- Rillig, M.C. (2020). Plastic and plants. Nature Sustainability 3(11): 887-888. doi: 10.1038/s41893-020-0583-9.
- Ru, J., Y. Huo and Y. Yang (2020). Microbial Degradation and Valorization of Plastic Wastes. Frontiers in Microbiology 11(442). doi: 10.3389/fmicb.2020.00442.
- Skiebe-Corrette, P., Fürst von Lieven, A, Grünstäudl, A, Seidel, J. (2020) Das NatLab an der Freien Universität Berlin. LeLa *magazin* 27, 14
- Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G., et al. (2019). Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. Science of The Total Environment 691, 848-857. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.209.
- Yu, H., Fan, P., Hou, J., Dang, Q., Cui, D., Xi, B., et al. (2020). Inhibitory effect of microplastics on soil extracellular enzymatic activities by changing soil properties and direct adsorption: An investigation at the aggregate-fraction level. Environmental Pollution 267, 115544. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115544.
- Zhang, D., et al. (2016). The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China. Journal of Integrative Agriculture 15/11, 2639–2646. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61240-0.
- Zubris, K. A. V., Richards, B. K. (2005). Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge. Environmental pollution (Barking, Essex: 1987) 138/2, 201–211. doi: 10.1016/j.envpol.2005.04.013.

Kontakt

e.leifheit@fu-berlin.de
stmaass@uni-potsdam.de

Dem Zellwachstum auf der Spur

Wie Schüler*innen Zellen verstehen lernen

„Ab wann entsteht Krebs?" oder „Was passiert durch Strahlung in Zellen?" – diese Fragen werden uns, den Mitarbeiter*innen des Schülerlabors DeltaX am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), oft gestellt. In unserem eintägigen Experimentierkurs „Radioaktivität & Strahlung" vermitteln wir seit 2013 physikalisches Basiswissen und Grundlagen zur Umweltradioaktivität an Schüler*innen ab der 9. bzw. 11. Klasse. Die Nachfrage nach diesen Kursen ist hoch, denn oft lässt die Ausstattung in Schulen das Experimentieren zu diesem Thema nur bedingt zu. In einer Umfrage des Schülerlabors DeltaX unter 922 Schüler*innen zeigte sich, dass sich der Großteil der Schüler*innen unzureichend durch Schule und Medien zum Thema Radioaktivität informiert fühlen (Gneist et al., 2018). Dabei ist das Interesse hoch – besonders bei Mädchen. Denn oft gibt es einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler*innen – in ihrer Familie oder Verwandtschaft gibt es Tumorerkrankungen und sie wollen mehr darüber erfahren, ebenso wie zum Stand der Forschung und zu neuen Behandlungsmethoden. Außerschulischen Lernorten kommt dabei eine wichtige Rolle zu. Sie können einen experimentellen Zugang schaffen und drängende Fragen beantworten. Dazu dienen z. B. im Schülerlabor DeltaX (Abb. 1) vertiefende Ferienkurse oder die Möglichkeit, Teile von Lernleistungen durchzuführen.

Abb. 1: Eingangsbereich des Schülerlabors DeltaX. Jährlich experimentieren über 3000 Schüler*innen in dem modernen Labor zu Themen aus Physik, Biologie und Chemie.

Quelle: David Brandt

Mit spezifischen Antikörpern lassen sich bestimmte Wachstumsprozesse zellbezogen sichtbar machen.

Immunologisch betrachtet

In ihrer komplexen Lernleistung untersuchte Marie Lange, Schülerin am Gymnasium Dresden-Bühlau, das Antigen Ki-67 in Körper- bzw. Tumorzellen. Dazu wandte die Gymnasiastin die Immunzytochemie an. Mit dieser Methode können Zellbestandteile sichtbar gemacht werden, die man in der herkömmlichen Lichtmikroskopie nicht erkennen würde. Der Nachweis beruht auf einer möglichst spezifischen Bindung zwischen Antikörper und Antigen und damit auf einer immunologischen Reaktion. Antikörper entstehen als Reaktionsprodukte von Körperzellen auf Antigene und bilden einen wichtigen Teil der Abwehr gegenüber eingedrungenen Fremdstoffen. Aus Forschung und Diagnostik und auch aus der Therapie sind sie in der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken. Die Verwendung von Antikörpern zur Markierung ist eine populäre Methode in der Zellbiologie: Mit spezifischen Antikörpern lassen sich so zum Beispiel bestimmte Wachstumsprozesse zellbezogen sichtbar machen.

Material und Methoden:

Bei der durchgeführten Immunfärbung wurde das Vorhandensein des Wachstumsmarkers Ki-67 in Körper- und Tumorzellen untersucht (Sun et al., 2018). Ist das Kernprotein Ki-67 vorhanden, sind Zellen im Wachstum (Abb. 2).

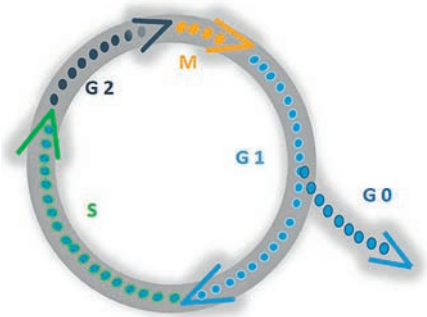


Abb.: 2: Zellzyklus; Im Zellzyklus ist das Antigen Ki-67 in der G1-, G2-, in S- und in der M-Phase in den Zellen vorhanden; Zellen in der G0-Phase sind Ki-67-negativ. M – Mitose; G1-, S- und G2-Phase bilden die Interphase. Die G0-Phase ist die Ruhephase. In dieser Phase sind Zellen z. B. ausdifferenziert und teilen sich nicht.

Die Färbungen wurden an fixierten Körperzellen [Wi-38, Lungenfibroblasten; HaCaT, Keratinozyten und Tumorzellen (SKX, Plattenepithelkarzinom)] mit dem Antikörper Ki-67 (Zytomed Systems GmbH, Deutschland) durchgeführt, die vom HZDR-Institut für Strahlenphysik dem Schülerlabor DeltaX zur Verfügung gestellt wurden. Die Durchführung der immunzytochemischen Färbung ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Die Spezifität der Färbung wurde durch mitgeführte Positiv- und Negativkontrollen überprüft. Die Auswertung der Färbeergebnisse erfolgte lichtmikroskopisch und der Anteil Ki-67 positiver Zellen (Zellen mit einem braunen Farbsignal) wurde ermittelt.

Ergebnisse

Die Methode der Immunzytochemie konnte erfolgreich angewandt werden. Abbildung 4 zeigt Ki-67 positive Zellen mit der hauptsächlichen Lokalisation des Antigens in der Kernregion. Der Anteil Ki-67 positiver Zellen der Körperzelllinien Wi-38 und HaCaT lag mit 12 bzw. 19 Prozent deutlich unter dem der Tumorzellen (SKX-Zellen; 32 %).

Diskussion:

Die Anteile der Ki-67-positiven Zellen für die Körperzelllinien Wi-38 und HaCaT waren vergleichbar, die proliferierende Zellfraktion bei Tumorzellen war hingegen deutlich größer. Der Trend der Ergebnisse bestätigt die Hypothese, dass die Teilungsrate der Tumorzellen höher ist als die der Körperzellen. Die Anzahl von ausgewerteten Zellen war aber für gesicherte statistische Aussagen zu gering.

Im Sommer ins Labor

Wie die dargestellte Komplexe Lernleistung, die weit über das Biologie-Unterrichtsniveau in Klasse 10 hinausgeht, zeigt, ermöglichen solche Spezialangebote von Schülerlaboren den Schüler*innen, in Wissensbereiche vorzudringen, die außerhalb des regulären Curriculums liegen. Selbstständig können erste wissenschaftliche Arbeitsweisen kennengelernt und sich für ein Studium oder einen Beruf orientiert werden. Seit 2016 nutzen bereits fast 100 Schüler*innen diese Möglichkeit und nahmen in ihren Sommerferien am Sommerkurs „Strahlenbiologie und Genetik“ (Mindestalter 16 Jahre) teil. Ein Fokus liegt auf Experimenten zur Radiosensitivität von Zelllinien – Ab wann stellen Tumorzellen ihre Teilungsaktivität ein? Das Institut für Strahlenphysik am HZDR stellte dem Schülerlabor fixierte Koloniebildungstests verschiedener Zelllinien (LN 229, Glioblastomzelllinie und A549, Lungenkarzinomzelllinie) sowie die Daten der Zelllinie SKX (Plattenepithelkarzinom) zur Verfügung (Franken et al., 2006). Anhand der Beurteilung des Zellwachstums an verschiedenen Dosispunkten und dem Vergleich mit unbestrahlten Kontrollen kann die Radiosensitivität verschiedener Zelllinien ermittelt

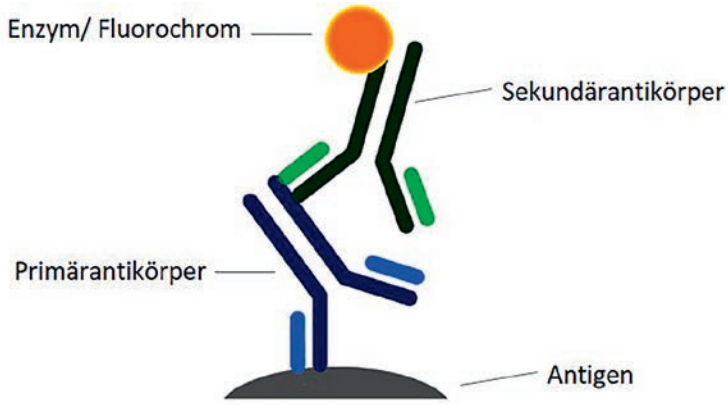


Abb.: 3: Schematische Darstellung der Färbeprozedur: der Primärantikörper bindet spezifisch an das Antigen. Über einen an den Sekundärantikörper gekoppelten Farbkomplex wird durch eine enzymatische Reaktion das Antigen visualisiert.

Der Trend der Ergebnisse bestätigt die Hypothese, dass die Teilungsrate der Tumorzellen höher ist als die der Körperzellen.

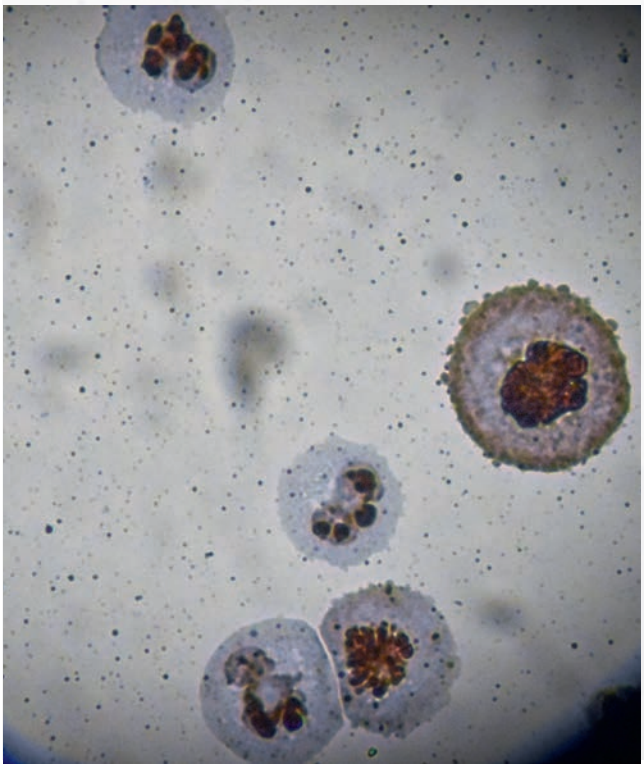


Abb. 4: Ki-67-positive Zellen (Tumorzelllinie SKX, 400x)

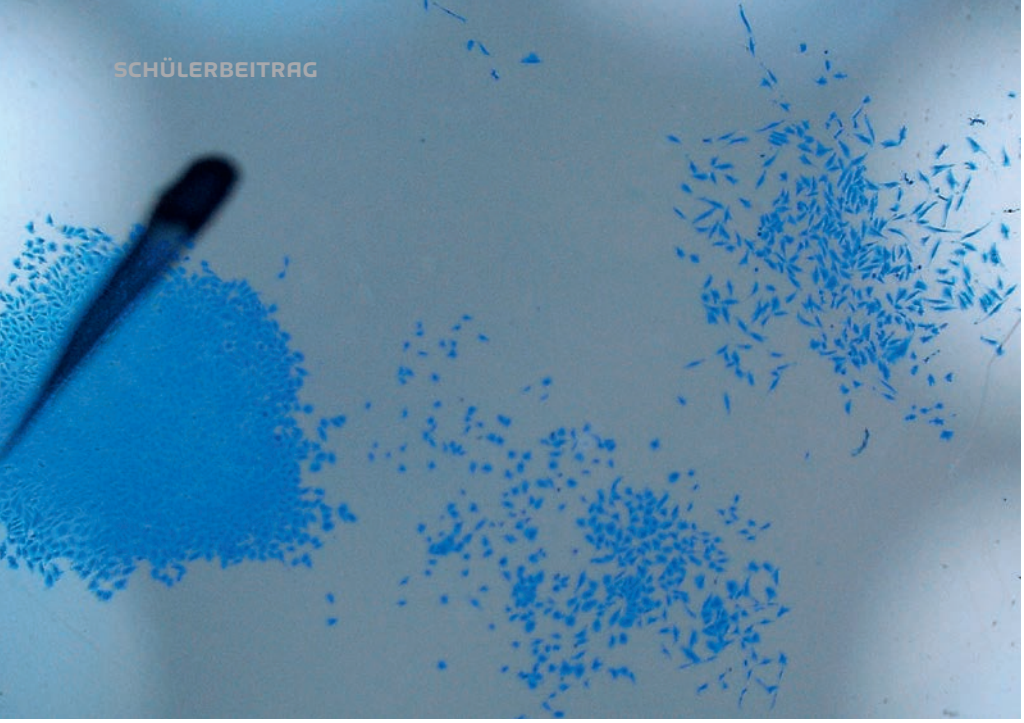


Abb. 5: Kolonien der Zelllinie LN 229. Eine Kolonie besteht aus mindestens 50 Einzelzellen (links, markiert).

werden. Jeder Teilnehmer zählte mögliche Kolonien einer Zelllinie an mindestens drei Dosispunkten aus (Abb. 5).

Die Abbildung 6 zeigt die Auswertung des Koloniebildungstests von 3 Tumorzelllinien. Die größte Strahlensensitivität war bei der SKX-Linie zu erkennen: bereits bei einem Dosispunkt von 4 Gray war die Koloniebildung nahe Null. Die Zelllinien LN 229 und A549 waren deutlich strahlenresistenter. Die „Schulterkurven", also das Plateau vor einem Rückgang der Koloniebildung konnte nicht von den Schüler*innen gezeigt werden, da hierfür die niedrigen Dosispunkte von zum Beispiel 0,5 bzw. 1 Gray fehlten.

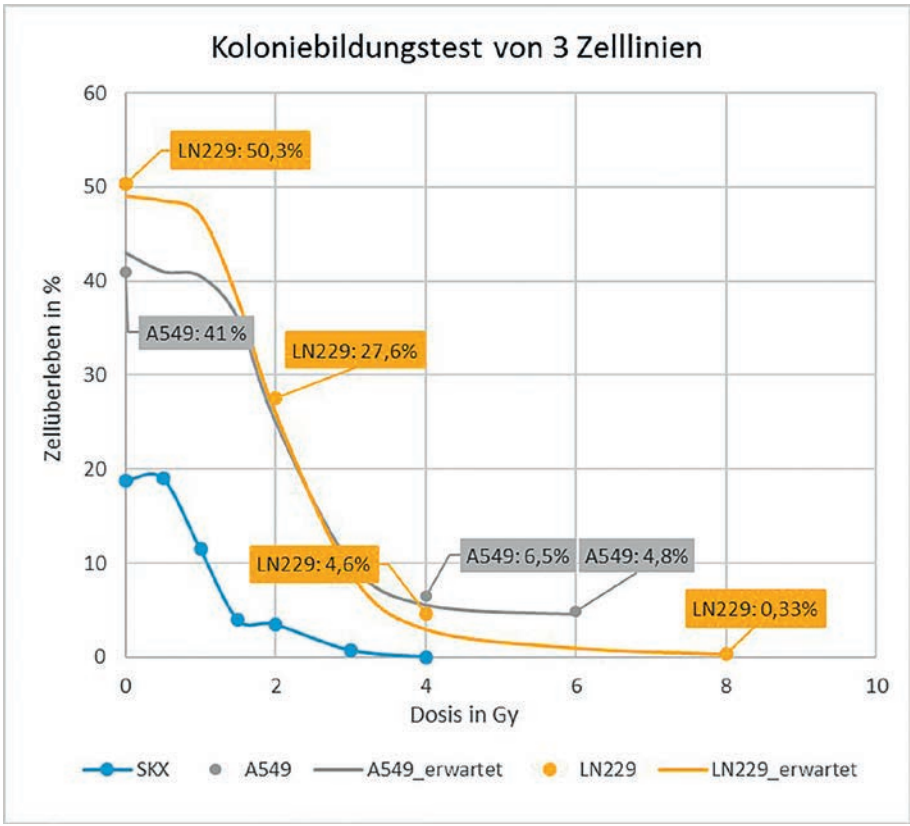


Abb. 6: Zellüberleben von 3 Zelllinien bei verschiedenen Dosispunkten; erstellt von Schüler*innen 2020

Fazit: Neue Erkenntnisse schaffen neue Fragen

Die in Abbildung 6 gezeigten Ergebnisse wurden von den Teilnehmern hinterfragt und diskutiert. Besonders erschreckend war für die Schüler*innen, dass auch bei 8 Gy bei den Zelllinien A549 und LN229 noch Kolonien entdeckt wurden – denn was würde das wohl für die Behandlung bedeuten? Als relativ strahlenempfindlich wurde die Zelllinie SKX identifiziert. Nach der immunzytochemischen Analyse unbestrahlter SKX-Zellen hätte man zum Beispiel von einer höheren Anzahl Kolonien im Koloniebildungstest für diesen Zelltyp ausgehen können. Die Zahl der Ki-67 positiven Zellen in der Wachstumsphase lag mit 32 Prozent über den gezählten Kolonien bei null Gray (18 Prozent). Die Schüler*innen erkannten an diesen Beispielen die Bedeutung einer fundierten statistischen Basis und waren zum großen Teil überrascht, dass biologische Forschung so einen hohen Anteil an Statistik beinhaltet. Auch das konzentrierte praktische Arbeiten war für viele Teilnehmer*innen ungewohnt. Durch die gemeinsamen Kursziele, viele Experimente und eine angepasste Betreuung entstand bisher in jedem Jahr aus den individuell angemeldeten Schüler*innen ein Team, das nicht nur einen Wissenszuwachs erlebet, sondern auch an persönlichen Erfahrungen gewann.

Nadja Gneist, Marie Lange und Dr. Matthias Streller

Literatur

- Gneist N. und Simon F. (2018). Student's perception of readiation and its effects. Oncology Research and Treatment 41, Suppl. 2, 14-15.
- Sun X. und Kaufman, P. D. (2018). Ki-67: more than a proliferation marker. Chromosoma 127, 175-186.
- Franken N. A. P., Rodermond H. M., Stap J., Haveman J. und Van Bree, C. (2006). Clonogenic assay of cells. Nature protocols 1, 2315-2319

Wechsel im Redaktionsteam

Im letzten LeLa *magazin* haben wir es bereits angedeutet: Der Staffelstab des verantwortlichen Redakteurs wurde von Fred Engelbrecht auf Knut Jahreis weitergereicht. Für den freien Redaktionsplatz konnten wir Babett Tauber aus Dresden gewinnen. Wir hoffen, dass wir auch in der neuen Besetzung jetzt und in der Zukunft für Sie ein interessantes Magazin zusammenstellen können. Natürlich sind wir dabei immer auf Ihre Mithilfe angewiesen! Wenn Sie also Ihr Schülerlabor vorstellen wollen, wenn Sie ein spannendes Projekt in Ihrem Schülerlabor bearbeiten, wenn es innovative Schülerforschungsprojekte gibt oder andere Dinge Sie bewegen, die vielleicht von allgemeinem Interesse sind, schreiben Sie uns unter redaktion@lernortlabor.de!

Quelle: Jörg Simanowski (Markenfotografie)

Babett Tauber

Nach dem 1. Staatsexamen in Biologie und Politikwissenschaft an der Universität Leipzig und dem 2. Staatsexamen in Berlin arbeitete Babett Tauber rund 4 Jahre an einem sächsischen Gymnasium. Im Jahr 2009 übernahm sie ein BMBF-Projekt „Ethische Debatten im Museum“ am Deutschen Hygiene-Museum Dresden, welches bioethische Fragestellungen und deren Vermittlung untersuchte. Währenddessen leitete sie ab Sommer 2010 kommissarisch das Gläserne Labor, dessen Leitung sie im Januar 2011 übernahm. Seit 2011 ist sie somit offizielle Leiterin des Gläsernen Labors im Deutschen Hygiene-Museum Dresden, welches seit 2013 in Trägerschaft der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe mbH ist.

Quelle: Elena Scholz (Pressestelle der Universität Osnabrück)

Knut Jahreis

Knut Jahreis promovierte 1993 an der Universität Osnabrück. Anschließend gab es einen zweijährigen Forschungsaufenthalt an der Universität von Salt Lake City in den USA. Nach seiner Rückkehr nach Osnabrück habilitierte er sich im Fach Genetik im Jahr 2002. Seit dieser Zeit arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Biologie/Chemie in der Abteilung Genetik. Forschungsschwerpunkte sind Prokaryonten-Genetik, Kohlenhydrattransport, Physiologie, Stoffflussanalysen, Regulationsnetzwerke, Signaltransduktion, Biosensoren, Chemotaxis und Systembiologie. Seit 2008 ist er Leiter des damals neu gegründeten Schülerlabors Explain-OS des Fachbereichs.

Ihr Platz

Liebe Leserinnen und Leser,
an dieser Stelle des Magazins gibt es einen kleinen Freiraum. Diesen könnten Sie ab jetzt füllen! Wir wollen Ihnen in Zukunft an diesem Platz die Möglichkeit geben, zum Beispiel Ihre Meinung zu Themen des Magazins in Form von Leserbriefen zu äußern. Gern können Sie auch kurze Kommentare zu Dingen geben, die Sie aktuell bewegen. Oder vielleicht haben Sie Anregungen und Ideen zu neuen, interessanten Themen, die wir aufgreifen sollen. Wir sind sehr gespannt auf Ihre Einsendungen!

Zuschriften bitte an
redaktion@lernortlabor.de

IMPRESSUM

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

REDAKTION
PD Dr. Knut Jahreis (V.i.S.d.P.)
Dr. Olaf J. Haupt
Dr. Corina Rohen
Babett Tauber
redaktion@lernortlabor.de

LAYOUT
Ulrike Heinichen, grafitypus

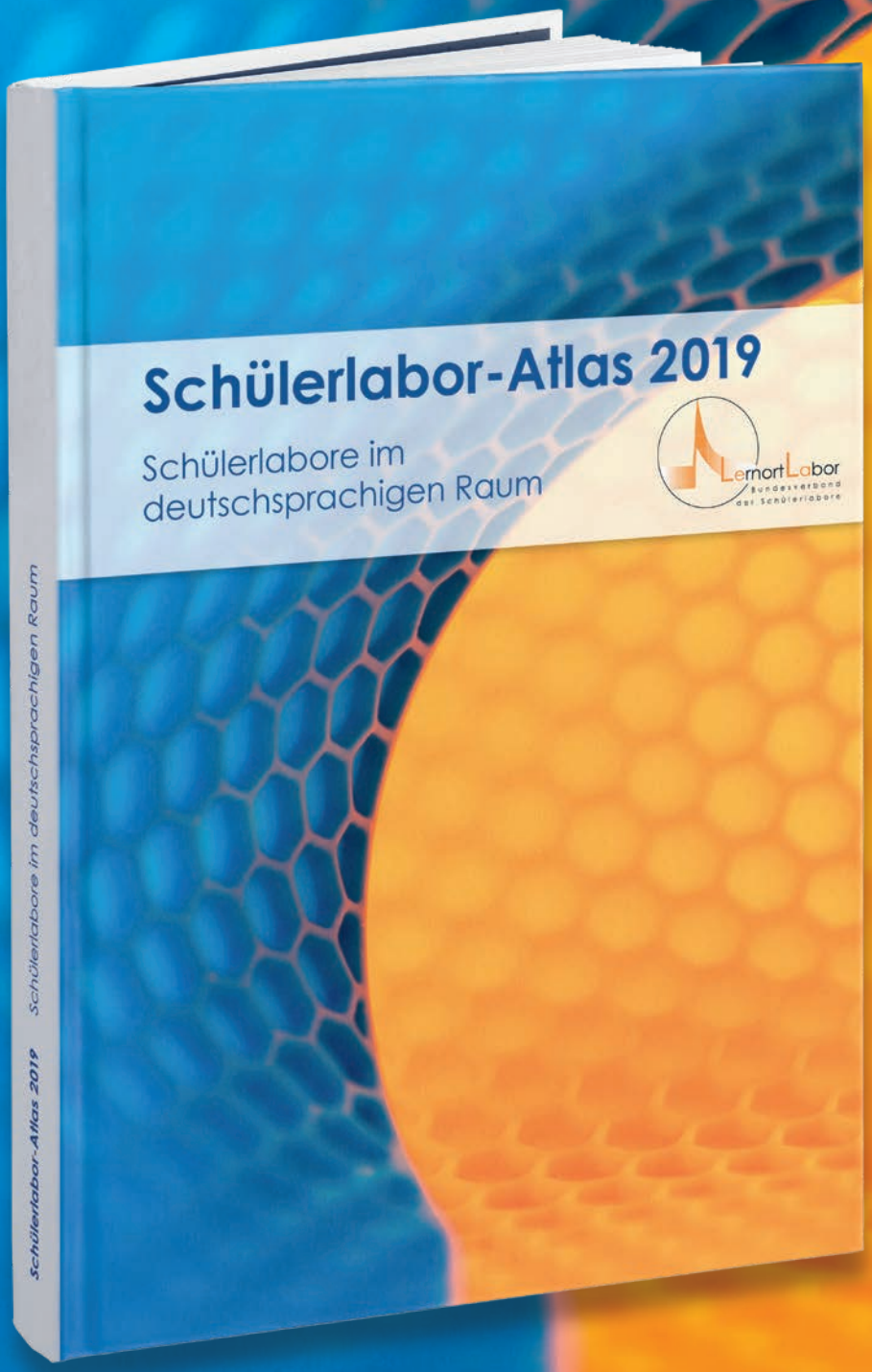
BEZUGSBEDINGUNGEN
Mitglieder von „LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e.V.“ erhalten das Magazin 3x jährlich kostenlos.

ONLINE
www.lela-magazin.de

Aufnahme in elektronische Datenbanken, Mailboxen sowie sonstige Vervielfältigungen nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Herausgebers. Für unverlangt eingesendetes Text- und Bildmaterial wird keine Haftung übernommen. Die Autoren und Redakteure des LeLa *magazins* recherchieren und prüfen jeden Artikel sorgfältig auf seine inhaltliche Richtigkeit. Dennoch kann es passieren, dass sich Fehler in die Texte oder Bilder schleichen. Wir übernehmen daher keine Garantie für die Angaben.
ISSN 2196-0852

Wir sind uns der Bedeutung der gender-gerechten Sprache bewusst. Die in den Artikeln verwendeten verschiedenen generischen Formen entsprechen dabei nicht immer dem jeweiligen biologischen oder sozialen Geschlecht. Um den Lesefluss der Texte zu erleichtern, haben einige Autoren auf die traditionellen Schreibweisen zurückgegriffen.

Der große Schülerlabor-Atlas 2019



Kostenlos
in der Geschäftsstelle
von LernortLabor erhältlich
oder bei
think.ING

Im Internet
zu erreichen unter
www.schuelerlabor-atlas.de

ISBN 978-3-946709-03-9