

Es geht rund im Schülerlabor

Circular Economy vermitteln



Impressum

1. Auflage
ISBN 978-3-946709-11-4
©LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V., 2024

Redaktion

Olaf J. Haupt

Gestaltung

Ulrike Heinichen, grafitypus.de

Fotos

Sofern nicht anders angegeben LernortLabor
Titelseite: Adobe Stock/Liza
Rückseite: Adobe Stock/Мария Фадеева

Druck

WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

Printed in Germany 2024
Alle Rechte vorbehalten!

Verlag

LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V.
Geschäftsstelle
Tentenbrook 9
24229 Dänischenhagen
Telefon + 49 (0)4349 7992971
E-Mail office@lernortlabor.de
www.lernortlabor.de

Herausgeber

LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e. V.
Geschäftsstelle
Tentenbrook 9
24229 Dänischenhagen
Telefon + 49 (0)4349 7992971
E-Mail office@lernortlabor.de
www.lernortlabor.de

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Telefon + 49 (0)431 880 5084
E-Mail info@leibniz-ipn.de
www.ipn.uni-kiel.de

Weitere Publikationen aus dem Eigenverlag von LernortLabor finden Sie unter www.lernortlabor.de.

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Diese Veröffentlichung wurde unterstützt mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU).



CEASEless: Circular Economy begreifen – Algen im Schülerlabor erforschen

In dem Projekt CEASEless „Circular Economy begreifen – Algen im Schülerlabor erforschen“ lernen Schülerinnen und Schüler der zehnten bis 13. Jahrgangsstufe das Potenzial von Mikroalgen und Cyanobakterien für eine Circular Economy (CE) kennen [1]. Ziel von CEASEless ist es, Jugendliche mit dem CE-Konzept vertraut zu machen (Circular Literacy), sie zu einer nachhaltigen Mitgestaltung ihrer Umwelt zu aktivieren (Beteiligung) und sie in ihrer Resilienz im Umgang mit ökologisch-sozialen Nachhaltigkeitsdilemmata zu stärken (Ambiguitätstoleranz). Im Rahmen von drei Terminen (jeweils halbtags) setzen sich die Lernenden sowohl in der Schule als auch am außerschulischen Lernort experimentell-forschend und kritisch-analytisch mit den sechs Prämissen einer CE – Recycle, Refuse, Reuse, Reduce, Repair und Rethink – auseinander (vgl. Abb. 1) [2].

Circular Economy – Eine nachhaltige Transformation der Agrarwirtschaft mit Mikroalgen und Cyanobakterien?

Der erste Termin in der Schule gliedert sich in drei Phasen und thematisiert die CE-Prämissen Recycle und Refuse. Zu Beginn wird mit der Journalistenmethode [3] das Prinzip der Kreislaufwirtschaft als alternatives System im

Gegensatz zu linearen Produktionsabläufen erarbeitet. Die Journalistenmethode beinhaltet die Betrachtung kontroverser Themen aus verschiedenen Perspektiven, die von unterschiedlichen Interessengruppen, Medienberichten oder Werbung vertreten werden. Die Lernenden sammeln Informationen aus themenbezogenen Newstickern und erstellen daraus einen Nachrichtenbeitrag. Der Beitrag muss einfach, verständlich und kurz sein, um die Aufmerksamkeit des Publikums zu gewinnen. Die Beiträge werden diskutiert und hinsichtlich inhaltlicher Glaubwürdigkeit, Überzeugungskraft und Präsentation bewertet.

In der zweiten Phase wird mit der Prämisse Recycle die fachliche Grundlage zum globalen biogeochemischen Stickstoffkreislauf gelegt. In einem digitalen Lernmodul wird durch Storytelling ein bedeutsamer Kontext für die Lernenden geschaffen, der die Umwandlungsprozesse der unterschiedlichen Stickstoffverbindungen und die damit verbundenen Probleme im globalen Kreislauf aufgreift (Rote Flaggen) [4]. Zum Abschluss des ersten Tages bearbeiten die Teilnehmenden ein Mystery. Hierbei wird erstmalig auf das Potenzial von Mikroalgen und Cyanobakterien als nachhaltige Alternative zu Kunst- und Wirtschaftsdünger hingewiesen (Refuse). In der Mystery-Methode werden die



Abbildung 1: Übersicht über den Ablauf des Projekts CEASEless mit den zu vermittelnden Inhalten sowie dem didaktischen Konzept.

Foto: Simeon Wallrath

Lernenden dazu aufgefordert, Lösungsansätze für ein komplexes Rätsel zu entwickeln. Als Ausgangspunkt erhalten sie eine kurz skizzierte Ausgangssituation, die durch die Klärung folgender Leitfrage gelöst werden soll: *Was hat das ungenießbare Brunnenwasser von Anna und Max mit einem Photobioreaktor zu tun?* (vgl. Abb. 2). Die Frage selbst hat keine „richtige“ Antwort. Vielmehr werden die Lernenden dazu ermutigt, verschiedene Perspektiven abzuwägen, Zusammenhänge zu erkunden, Hypothesen aufzustellen und sich auf einen für sie besten Kompromiss zu einigen. Um dies zu erreichen, müssen sie sich in das Hintergrundwissen einarbeiten, das in diesem Fall durch die vorliegenden Informationskärtchen erworben werden kann (vgl. Abb. 3). Die Lernenden werden ermutigt, kritisch zu denken, verschiedene Standpunkte zu berücksichtigen und gemeinsam zu einer Lösung zu gelangen.



Abbildung 2: Einstiegsszenario Mystery: Die Geschwister Anna und Max wollen auf dem Waldgrundstück ihrer Eltern mit Freunden zelten. Eigentlich freuen sich die beiden, doch als klar wird, dass sie den alten Brunnen nicht nutzen können und das Wasser für alle zum Zeltplatz schleppen müssen, ist die Vorfreude getrübt.

Foto: Jasmin Hirtl

Belastung in Wasserproben

Anna möchte mehr über ihr Brunnenwasser erfahren. Zufällig entdeckt sie, dass der VSR-Gewässerschutz gerade mit einem Informationsstand und einem Labormobil in ihrer Fußgängerzone präsent ist. Kurzentschlossen lässt sie eine Probe ihres Brunnenwassers dort untersuchen.

Das Ergebnis: 70 mg/l Nitrat.

Später liest sie auf der Homepage des Vereins:

„Der VSR-Gewässerschutz stellte bei den Brunnenwasser-Analysen im Kreis Bad Dürkheim von 2017 bis 2022 fest: Jede 3. Probe überschreitet den Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l Nitrat. 15% der Brunnenwasseruntersuchungen weisen Nitratwerte von über 100 mg/l auf.“

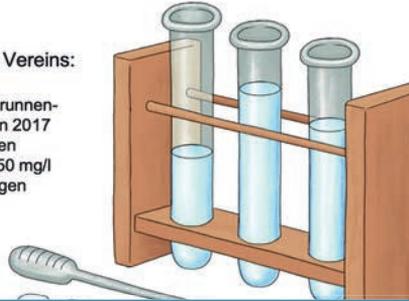


Abbildung 3: Beispiel für zwei Informationskärtchen des Mysterys.

Und jetzt?

Annas Recherchen beginnen, sie zu belasten: Ihre Liebe zum Wasser könnte gleichzeitig zu einem Konflikt mit ihrem Bruder und ihrer Familie führen. Gleichzeitig startet an ihrer Schule die AG „Mikroalgen“, in der gemeinsam mit Wissenschaftler:innen Experimente mit Mikroalgen durchgeführt werden.

Unter anderem soll dort auch thematisiert werden, inwieweit Mikroalgen als Düngersersatz dienen können. Könnte das ihren Konflikt lösen? Sie überredet ihren Bruder dazu, gemeinsam daran teilzunehmen.



Der zweite Termin findet im Lehr-Lern-Labor statt. Es werden die CE Prämissen Reuse, Reduce und Repair behandelt. In der ersten Phase bauen die Lernenden aus Alltagsmaterialien und 3D gedruckten Teilen einen modularen Low-Cost Photobioreaktor zur Kultivierung von Mikroalgen und Cyanobakterien (vgl. Abb. 4). Die eingesetzten Sensoren ermöglichen das kontinuierliche Monitoring von Wachstumsparametern, die über einen Mikrocontroller mit WLAN im Sinne des Internet of Things in einer

Datenbank online frei zugänglich sind [6]. Nach der Prämisse Reuse werden bereits existierende Algenstammlösungen als Starterkultur wiederverwendet.

In der zweiten Phase stehen vier Modellexperimente im Fokus, die zu den skizzierten roten Flaggen des globalen Stickstoffkreislaufs Lösungsansätze bieten. Die Durchführung der Experimente zeigt auf, wie Mikroalgen und Cyanobakterien das durch Überdüngung beschä-



Abbildung 4: Im Lehr-Lernlabor begleiten Studierende eine Gruppe von Lernenden bei dem Bau des Photobioreaktors.

Foto: Alexander Engl

digte Mikrobiom des Bodens [7] regenerieren (Repair) oder durch deren Stoffwechselprozesse beispielsweise in Luftwasch- [8] oder Trinkwasseraufbereitungsanlagen [9] umwelt- und klimaschädliche Stickstoffverbindungen (z.B. NO_x , NH_3 , NH_4^+ oder N_2O) reduziert werden können (Reduce). So können konventionelle Düngemittel wie Kunstdünger (z.B. Ammoniumnitrat) oder Wirtschaftsdünger (z.B. Harnstoff aus Gülle) im Boden beispielsweise in flüchtigen Ammoniak (NH_3) umgewandelt werden, das in der Atmosphäre auf vielfältige Weise reagieren kann (z.B. zu treibhausrele-

vantem Lachgas). Dieser Kontext wird in einem Modellexperiment aufgegriffen, indem vier Böden mit aktivem Mikrobiom (toniger Lehm-boden, lehmiger Sandboden, Sandboden und Komposterde) in einer luftdicht verschließbaren Kiste jeweils entweder mit Ammoniumnitrat oder Harnstoff gedüngt werden (vgl. Abb. 5).

Zur Messung der Ammoniak-Ausgasung werden die Kisten mit einem befeuchteten Indikatorpapier sowie einem Sensor ausgestattet, dessen erfasste Daten über einen Arduino ausgelesen werden. Vergleichend dazu werden die

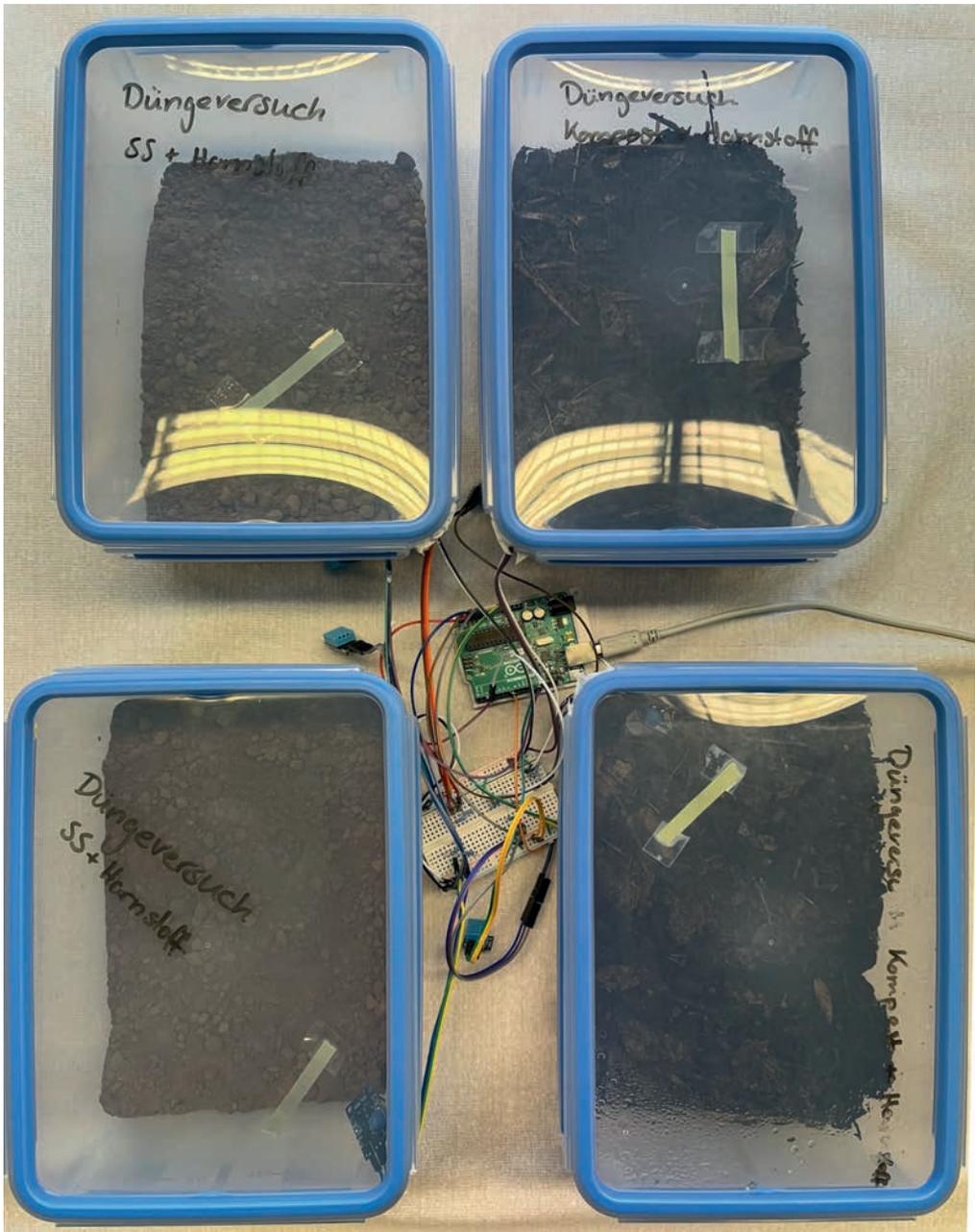


Abbildung 5: Ein Modellexperiment zur Ammoniak-Ausgasung von Böden – Vergleich von Komposterde mit Sandboden jeweils gedüngt mit Harnstoff als konventionelles Düngemittel. Foto: Alexander Engl

Böden in einem weiteren Ansatz anstatt mit Kunst- oder Wirtschaftsdünger mit dem Cyanobakterium *Spirulina platensis* gedüngt. Das

Cyanobakterium kann elementaren Stickstoff aus der Luft fixieren und in für Pflanzen verfügbare Stickstoffverbindungen umwandeln.

Zusätzlich wirken sich Cyanobakterien positiv auf die Humusbildung und das Wasserhaltevermögen von Böden aus und können Pflanzen schützen, indem sie Schwermetalle und Xenobiotika in ihrer Mobilität hemmen [7]. Durch die Mischung von konventionellen Düngemitteln mit Cyanobakterien könnten zwischen 25–40 % Dünger eingespart werden [7]. Die Ergebnisse im Modellexperiment zeigen im Verlauf von fünf Tagen einen Anstieg der Ammoniakkonzentration in der Luft bei allen mit Harnstoff gedüngten Böden, während die Ammoniakkonzentration in den mit Cyanobakterien versetzten Böden unverändert bleibt. Das Ergebnis lässt sich optisch durch die Blaufärbung des Indikatorpapiers bei den Ansätzen mit Harnstoff im Vergleich zu keiner Farbveränderung bei den Ansätzen mit Cyanobakterien bestätigen.

Der dritte Termin in der Schule thematisiert die CE-Prämisse Rethink. Dabei führen die Lernenden eine Podiumsdiskussion zu einem sozial-ökologischen Dilemma der Agrarwirtschaft aus verschiedenen ökonomisch-politischen Perspektiven durch [10]. Acht vorgefertigte Kartensets unterstützen die Lernenden in den Rollen der Moderation sowie der Vertretungen aus der Düngemittelindustrie, Politik, Landwirtschaft, NGO und Wissenschaft. Zunächst beziehen die Lernenden zum skizzierten Dilemma anhand dreier offener Fragen schriftlich und im Rahmen einer Gruppendiskussion Stellung. Anschließend bereiten sie sich in Kleingruppen mit dem vorbereiteten Material auf die Podiumsdiskussion vor. Bei der Durchführung der Podiumsdiskussion schlüpft je eine Person der Kleingruppen in die entsprechende Rolle.

Währenddessen hat das Publikum die Möglichkeit mittels Chatwall sich an der Diskussion zu beteiligen. Abschließend werden erneut die offenen Fragen schriftlich beantwortet sowie alle Erkenntnisse in einer Gruppendiskussion zusammengeführt. Im Rahmen eines flankierenden Forschungsprojekts wird der Forschungsfrage nachgegangen, inwieweit eine Podiumsdiskussion die Argumentationsfähigkeit von Lernenden fördert [11].

Die Materialien und Methoden wurden mit Schulklassen der zehnten bis 13. Jahrgangsstufe erprobt und überarbeitet. Sie werden sukzessive im Sinne von Open Educational Resources über die Projekthomepage <https://lernenmitcirculareconomy.de> frei zugänglich gemacht. Zudem wurde das Projekt empirisch begleitet. Im ersten Schritt wurde ein Test entwickelt, der das deklarative Fachwissen zu Circular Economy erfasst. Die Items wurden mit 108 Studierenden des ersten Semesters im Fach Wirtschaftswissenschaften pilotiert (Alter $M = 22$ Jahre, $\text{♀} = 68\%$) und anhand einer Itemanalyse überarbeitet. Anschließend wurde der Test im Rahmen des Projekts nach der Einführung zu Circular Economy eingesetzt. Zusätzlich wurde die ökonomische Kompetenz der Lernenden erfasst [12]. Als Argument zur Validität wurden beide Konstrukte miteinander in Beziehung gesetzt. Bei der Durchführung mit einer Kohorte von 44 Lernenden der zehnten Klasse (Alter $M = 15$ Jahre, $\text{♀} = 35\%$) zeigt die Korrelation nach Pearson einen mittleren Effekt: $t(42) = 3.01$, $p = 0.004$, $r = 0.42$.

B. Risch, T. Bier, A. Engl, I. Jupke, D. Strieth, S. Wallrath, P. Weinberger & I. Zachert

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die Förderung des Projekts (AZ 38320/01).

Weiterführende Informationen

Projekthomepage:

<https://lernenmitcirculareconomy.de>

Literatur

- [1.] **Kholssi, R., Ramos, P. V., Marks, E. A., Montero, O. & Rad, C.** (2021). Biotechnological uses of microalgae: A review on the state of the art and challenges for the circular economy. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36, 102114.
- [2.] **Risch, B., Zachert, I., Engl, A., Przywarra; T. & Strieth, D.** (2023). Circular Economy Begreifen – Algen im Schülerlabor Erforschen (CEASEless). In: van Vorst, H. (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022. S. 616-619.
- [3.] **Otten, J., Marks, R. & Eilks, I.** (2010). Die Journalistenmethode im Chemieunterricht. Teil I: Triclosan. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 59(1), 34-37.
- [4.] **Lüsse, M., Brockhage, F., Pietzner, V. & Beeken, M.** (2021). Nachhaltige Unterrichtsvorschläge zur Stickstoffproblematik: Fridays For Future und Schule? Teil 2. *Chemie in unserer Zeit*, 55(3), 186-191.
- [5.] **Fridrich, C.** (2015). Kompetenzorientiertes Lernen mit Mysterys – didaktisches Potenzial und methodische Umsetzung eines ergebnisoffenen Lernarrangements. *GW-Unterricht*, 140(4), 50–62.
- [6.] **Wallrath, S., Engl, A., Erdmann, N., Kollmen, J., Strieth, D. & Risch, B.** (2023). Mikrocontroller als Low-Cost Technologie: Monitoring von Wachstumsparametern bei Mikroalgen in einem 3D-gedruckten IoT-Photobioreaktor. *MNU Journal*, 76(5), 360-365.
- [7.] **Nichols, K., Olson, M., & Ayers, A. D.** (2020). *Microalgae as a beneficial soil amendment*. Arizona: MyLand Company LLC.
- [8.] **Kang, J., Wang, T., Xin, H., & Wen, Z.** (2014). A laboratory study of microalgae-based ammonia gas mitigation with potential application for improving air quality in animal production operations. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64(3), 330-339.
- [9.] **Brar, A., Kumar, M., Vivekanand, V., & Pareek, N.** (2017). Photoautotrophic microorganisms and bioremediation of industrial effluents: current status and future prospects. *Biotech*, 7(1), 1-8.
- [10.] **Feierabend, T.** (2011). *Konzeptionen für einen gesellschaftskritisch-problemorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht zum Bereich Bewertungskompetenz im Umfeld des Klimawandels*. Bremen: Universität Bremen.
- [11.] **Zachert, I. & Risch, B.** (2023). *Eine Rolle spielen – Bewertungskompetenz im Chemieunterricht fördern*. In: van Vorst, H. (Hrsg.), Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022. S. 616-619.
- [12.] **Kaiser, T., Oberrauch, L. & Seeber, G.** (2020). Measuring economic competence of secondary school students in Germany. *The Journal of Economic Education*, 51(3-4), 227-242.



Das Schülerlabor Freilandmobil an seinem Standort am Fluss Queich

Foto: Alexander Engl

Name des Schülerlabors: Freilandmobil

Institution: Rheinland-Pfälzische Technische Universität
Kaiserslautern-Landau (RPTU in Landau)

Kontakt: Prof. Dr. Björn Risch, b.risch@rptu.de
Dr. Alexander Engl, alexander.engl@rptu.de

Schülerlabor-Kategorie: SchüLerLabor^{KLWM}

Projektlaufzeit: 01.10.2022 bis 31.01.2025

Fachgebiet(e): Naturwissenschaften

Zielgruppen: Klassenstufe 10 bis 13, Lehrkräfte, Studierende, Referendarinnen und Referendare

Schularten: Realschulen, Gesamtschulen, Regionalschulen, Gymnasien

Didaktische Methoden:

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

