

CEASEless: Circular Economy Begreifen – Algen im Schülerlabor Erforschen

A. Engl, T. Bier, I. Jupke, I. Zachert, S. Wallrath & B. Risch

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

Circular Economy (CE) könnte ein Schlüsselfaktor für die nachhaltige Transformation des globalen Wirtschaftssystems sein [1]. Der Kerngedanke von CE folgt dem Prinzip der Zirkularität von Ökosystemen: Wirtschaftliche Prozesse orientieren sich an den Stoffkreisläufen der Natur. Allerdings sind die planetaren Belastbarkeitsgrenzen beispielsweise des biogeochemischen Stickstoffkreislaufs bereits deutlich überschritten [2]. Dazu trägt insbesondere die industrielle Landwirtschaft mit hohen Stickstoffeinträgen durch Überdüngung bei (Rote Flaggen). Daher müssen die



Gesellschaft und insbesondere Lernende als die Umweltagierende von Morgen für die Probleme des globalen Stickstoffkreislaufs sensibilisiert und über nachhaltige Alternativen beispielsweise auf Basis von Mikroalgen und Cyanobakterien aufgeklärt werden [3]. Darüber hinaus eignet sich der Kontext um im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgewählte Ziele nachhaltiger Entwicklung (SDG) wie SDG 6, 9, 12, 13 und 15 mit Inhalten der Lehrpläne zu verknüpfen [4].



>> Vier Modellexperimente im Lehr-Lern-Labor mit Bezug zu den CE Prämissen: Reduce – Recycle – Refuse – Repair

Das Projekt CEASEless ermöglicht Lernenden der zehnten bis 13. Jahrgangsstufe mit Mikroalgen und Cyanobakterien zu experimentieren, mit dem Ziel, deren Potenzial zur Optimierung der Stickstoffbilanz in der Landwirtschaft zu analysieren. Der Fokus liegt dabei auf vier Modellexperimenten mit Bezug zu den Prämissen von CE [5].

A Ausgasung von umweltschädlichem NO_x und NH₃ durch Überdüngung



Cyanobakterien können in Luftwaschanlagen Ammoniak in der Atmosphäre reduzieren [6]. Im Modellexperiment wird Luft mit Ammoniak angereichert, durch einen Fotobioreaktor mit Cyanobakterien gepumpt und dessen

Konzentration mit einem Sensor an einem Mikrocontroller gemessen.

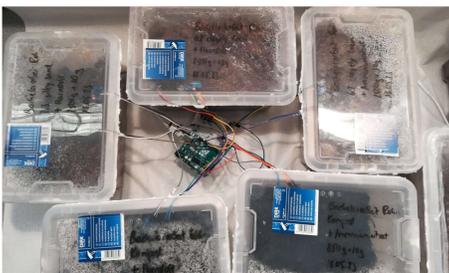
B Belastung des Grundwassers mit NH₄⁺ und NO₃⁻ durch Überdüngung



Cyanobakterien können in Trinkwasseraufbereitungsanlagen Nitrat entfernen und in Biomasse umwandeln [7]. Im Modellexperiment wird eine Nitratlösung durch einen Fotobioreaktor mit Cyanobakterien gepumpt und

deren Konzentration mit einem Low Cost Fotometer gemessen.

C Emission von klimaschädlichem N₂O und NH₃ durch Überdüngung



Cyanobakterien können Kunstdünger ersetzen, indem sie bioverfügbare Ammonium-Ionen abgeben [8]. Im Modellexperiment wird Boden entweder mit Cyanobakterien oder mit Ammoniumsulfat gedüngt. Die Ammoniakkonzentration der Luft wird durch einen Sensor an einem Mikrocontroller gemessen.

Die Ammoniakkonzentration der Luft wird durch einen Sensor an einem Mikrocontroller gemessen.

D Überdüngung schädigt das Mikrobiom des Bodens nachhaltig



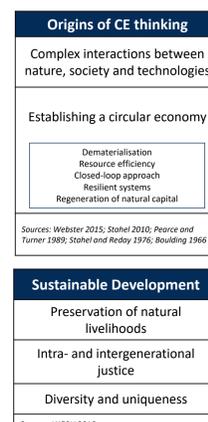
Cyanobakterien regenerieren das Mikrobiom durch Stabilisierung der Bodenaggregate [9]. Im Modellexperiment wird Boden entweder mit Cyanobakterien oder mit Ammoniumsulfat gedüngt. Anschließend werden beide Proben mit

Cyanobakterien geimpft und die Wasserinfiltration des Bodens wird bestimmt.

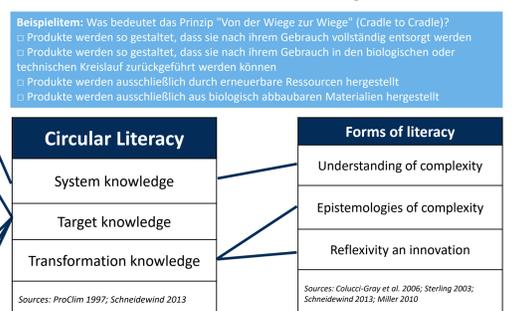
>> Projektbegleitende Evaluation: Wirksamkeitsanalyse des Kontexts zur Förderung von Circular Literacy und ökonomischer Kompetenz

Die vier Modellexperimente sind Teil der in der Tabelle dargestellten dreitägigen Intervention. Der Kontext von CE mit Mikroalgen und Cyanobakterien könnte als Socio-Scientific Issue bei Lernenden die Bereiche „system knowledge“ und „target knowledge“ im Framework der Circular Literacy fördern. Um dies zu analysieren, wird ein Instrument angelehnt an die ökonomische Kompetenz [10] entwickelt.

Tag	Inhalt	Didaktisches Konzept	Bezug zu CE	Bezug zu SDG
1	<ul style="list-style-type: none"> Globaler biogeochemischer Stickstoffkreislauf Herausforderungen der Landwirtschaft CE als Wirtschaftssystem 	<ul style="list-style-type: none"> Digitales Lernmodul Mystery Planspiel 	Reuse	9, 12, 15
2	<ul style="list-style-type: none"> Low Cost Fotobioreaktor Kultivierung von Cyanobakterien Landwirtschaft mit Cyanobakterien 	<ul style="list-style-type: none"> Do it Yourself Bausatz Virtual Reality Modellexperimente 	Reduce, Recycle, Reuse	6, 12, 15
3	<ul style="list-style-type: none"> CE als Lösungsansatz für sozial-ökologische Dilemmata Ökosystemleistungen eines nachhaltigen Stickstoffkreislaufs 	<ul style="list-style-type: none"> Rollenspiele und Podiumsdiskussion Gallery Walks mit Concept Maps 	Rethink	6, 12, 15



Framework Circular Literacy [5]



Literatur
 [1] European Commission (2015). *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
 [2] Persson, L., Carney Almqvist, B. M., Collins, C. D., Cornell, S., de Wit, C. A., Diamond, M. L., ... & Hauschild, M. Z. (2022). Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental science & technology*, 56(3), 1510-1521.
 [3] 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.
 [4] Rieckmann, M. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. UNESCO publishing.
 [5] Zwiers, J., Jaeger-Erben, M., & Hofmann, F. (2020). Circular literacy. A knowledge-based approach to the circular economy. *Culture and organization*, 26(2), 121-141.
 [6] 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.
 [7] Bhat, 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.
 [8] Win, T. T., Barone, G. D., Secundo, F., & Fu, P. (2018). Algal biofertilizers and plant growth stimulants for sustainable agriculture. *Industrial Biotechnology*, 14(4), 203-211.
 [9] Nichols, K., Olson, M., & Ayers, A. D. (2020). *Microalgae as a beneficial soil amendment*. Arizona: MyLand Company LLC.
 [10] Kaiser, T., Oberrauch, L. & Seebler, G. (2020). Measuring economic competence of secondary school students in Germany. *The Journal of Economic Education*, 51(3-4), 227-242.



Dr. Alexander Engl
 alexander.engl@prt.u.de

Tel: +49 6341 280 31822
 RPTU Kaiserslautern-Landau
 Campus Landau
 Fortstraße 7, 76829 Landau
 Gebäude I, Raum 4.08