

Bewerten des werkstofflichen Verwertens von Kunststoffen

Ausgangslage

Im Jahr 2023 wurden in Deutschland durchschnittlich 124,9 Liter Erfrischungsgetränke (u. a. Softdrinks) und 124,3 Liter Mineral- und Heilwässer pro Kopf getrunken (WAG, 2024). Dabei wurden 2021 wiederum nur 42,6 Prozent der verbrauchten Getränke in Mehrwegverpackungen abgefüllt – Tendenz sinkend (Caye & Leighty, 2024). Das führt dazu, dass allein in Deutschland stündlich fast 1,9 Millionen Einweg-Kunststoffflaschen verbraucht werden (Deutsche Umwelthilfe, 2024). Insgesamt fallen jährlich 5,67 Millionen Tonnen an Kunststoffabfällen an.

Die Verursachung dieser großen Mengen an Kunststoffabfällen rückt die Abwendung von der Linearwirtschaft und hin zum Schließen von Energie- und Materialkreisläufen im Sinne einer Circular Economy in den Fokus (Garcia-Saravia et al., 2023). Eine der R-Strategien der Circular Economy ist das Recycling, bei dem der Abfall aufbereitet wird und als Rezyklat wieder als Ausgangsstoff für neue Produkte dienen kann (Geissdoerfer et al., 2020). Dieses Vorgehen bietet sich insbesondere beim werkstofflichen Verwerten bzw. dem Recycling von Kunststoffen an, wobei sich die Klasse der Thermoplasten insbesondere dafür eignet, da sie aufgrund der linearen Struktur der Polymere gut einzuschmelzen und beim Abkühlen in neue Formen zu bringen sind.

Auch aus der Sicht diverser Werbeversprechen scheint das Recycling von Einweg-Kunststoffflaschen die Lösung vieler Probleme zu sein. Beispielsweise sei die „Kreislaufflasche“ von LIDL „laut neuester Ökobilanz: Eine der ökologischsten Flaschen“ (LIDL, 2024) und schneidet dabei sogar „im CO₂-Vergleich besser als Glas- & PET-Mehrweg“ ab.

Doch was ist an solch großen Werbeversprechen dran, die konträr zur bisherigen Annahme stehen, dass das Mehrwegsystem nachhaltiger ist (Bałazińska et al., 2021)? Wie kann der Chemieunterricht dazu beitragen, Fachwissen bzw. inhaltsbezogene Kompetenzen aufzubauen, die schließlich zu einer informierten Bewertung des Recyclings (bzw. werkstofflichen Verwertens) beitragen können? Welchen Beitrag leistet eine Scientific Literacy zu solchen Bewertungsprozessen?

Theoretischer Hintergrund

Die Ziele einer naturwissenschaftlichen Bildung bzw. Scientific Literacy können vielfältig sein. Dabei bewegen sich die Zielstellungen mehr und mehr von einer reinen Fokussierung auf Fachwissen hin zum kritischen Denken und zur transformativen Bildung (Valladares, 2021; Sjöström & Eilks, 2018). Dabei rückt unter anderem die Nachhaltigkeit bzw. nachhaltige Entwicklung ins Blickfeld einer Scientific Literacy.

Im Rahmen dieser Zielstellungen adressieren die (neuen) Empfehlungen der Kultusministerkonferenz (KMK) die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) als ein zentralen Aspekt der schulischen Bildung und als ein fächerübergreifendes Vorhaben (KMK, 2024). BNE ist sogar mittlerweile als Leitperspektive in den fachspezifischen Bildungsplänen der Bundesländer verankert (u. a. MSB BW, 2022).

BNE zielt in der Schule darauf ab, dass die Schüler:innen Fähigkeiten für eine positive Zukunftsgestaltung erwerben, um verantwortungsvolle Entscheidungen treffen zu können, eigene Handlungsspielräume zu erkennen und sich trotz Widersprüchen an Aushandlungs- und Gestaltungsprozessen zu beteiligen (KMK, 2024).

Gleichzeitig wird die Förderung einer BNE mit der prozessbezogenen Bewertungskompetenz verknüpft, da es durchaus große Schnittmengen und Synergien gibt. Für die Bewertungskompetenz liegen fachliche und überfachliche Perspektiven zu Grunde, bei denen Aussagen anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen sind, begründet Meinungen gebildet werden sowie Entscheidungen auch auf ethischer und informierter Grundlage zu treffen sind (KMK, 2024; Eggert, 2008). Genau in diesem Bereich ist das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben im Kontext nachhaltiger Entwicklung zu verorten (Eggert, 2008), welches in seiner dritten Teilkompetenz das „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ differenziert.

Allerdings ist die Förderung der Bewertungskompetenz aufgrund der Komplexität sehr herausfordernd (Bögeholz et al., 2018). In komplexen Gestaltungssituationen nachhaltiger Entwicklung reicht ein intuitives oder rechtfertigendes Entscheidungsverhalten nicht aus (Eggert, 2008). Zusätzlich werden individuelle und gesellschaftliche Probleme mit naturwissenschaftlich-technischem Bezug nur teilweise auf der Basis rationalen Abwägens bewertet (Gebhard et al., 2017). In diesem Zusammenhang zeigt sich auch, dass das Einbeziehen von Fachwissen in das Bewerten und Entscheidungen für Schüler:innen herausfordernd ist (Müller, 2021; Schmitz & Reiners, 2021).

Infolgedessen soll das (erfolgreiche) Einbeziehen des Fachwissens bzw. der inhaltsbezogenen Kompetenzen in das Bewerten, Entscheiden und Reflektieren untersucht werden, um einen potenziellen Beitrag für eine BNE zu untersuchen.

Ziele, Konzeption und Vorstudien

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es demnach, nachhaltige(re)s Entscheiden der Schüler:innen beim werkstofflichen (Kunststoff-)Recycling zu fördern und dazu Einblicke in die Bewertungsprozesse der Schüler:innen zu geben. In diese Bewertungsprozesse soll zudem die Einbindung von Fachwissen gefördert und analysiert werden. Das Forschungsvorhaben setzt sich somit aus den folgenden Phasen zusammen:

Konzeption Schülerlabor	Vorstudie 1	Über- arbeitung	Erprobung	Vorstudie 2	Blended Learning	Hauptstudie
Experimentelle und handlungsorientierte Zugänge zu Kunststoffrecycling schaffen	Bewerten des Kunststoffrecyclings analysieren Fragebogen Pre-Post-Test (N = 13)	Anpassung der Konzeption Optimierung der Stationen	Einsatz des überarbeiteten Schülerlabors zum Kunststoffrecycling (N = 64)	Anforderungen an die Vor- und Nachbereitung Lehrkräftebefragung Fragebogen (N = 14)	Entwicklung einer Vor- und Nachbereitung durch E-Learning, um Anforderungen gerecht zu werden	Bewerten von Recycling analysieren Blended Learning zur Unterstützung Vor- und Nachbereitung

Abb. 1: Überblick über die Phasen des Forschungsprojektes und der Konzeption des Schülerlabors

Hierfür wurde zunächst ein Schülerlabor konzipiert (Schwarzer et al., 2023; Pawlak & Schwarzer, 2024a) und in einer Vorstudie das Bewerten des Kunststoffrecyclings untersucht

(Kistela, 2024). Schüler:innen bewerteten das Recycling zunächst ausschließlich positiv. Nach dem Besuch des Schülerlabors wurden jedoch vermehrt auch negative Aspekte genannt, wie der hohe Energieaufwand und der mögliche Qualitätsverlust des recycelten Materials. Positive Aspekte wurden dennoch weiterhin angeführt, was somit als eine differenziertere Betrachtung eingestuft werden konnte. Darüber hinaus zeigte sich ein gesteigertes Bewusstsein für das Verpackungsmaterial beim Kauf von Lebensmitteln. Allerdings wurde auch deutlich, dass die Vermittlung der Bewertungskompetenz aufgrund ihrer Komplexität herausfordernd ist.

Auf Basis der Erkenntnisse der Vorstudie wurde das Schülerlabor überarbeitet und erneut erprobt. Hierbei zeigte sich, dass trotz differenzierter Materialien die Grenzen im Rahmen eines Tages im Schülerlabor (u. a. im Umfang) erreicht wurden. Zum einen galt es die vielfältigen Voraussetzungen der Schüler:innen zu berücksichtigen. Zum anderen musste das notwendige Vorwissen für den Besuch und das erfolgreiche Lernen im Schülerlabor sichergestellt werden (z. B. Wissen über funktionelle Gruppen, Veresterung und Thermoplasten).

Hierzu wurde in einer zweiten Vorstudie im Rahmen einer Befragung von Lehrkräften ($N = 14$) untersucht (Pawlak & Schwarzer, 2024b), welche Anforderungen an die schulische Vor- und Nachbereitung zu stellen sind. Ziel sollte es sein, vorab die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen, damit eine Vertiefung und Anwendung im Schülerlabor möglich sind. Es zeigte sich im Rahmen der zweiten Vorstudie, dass für eine angemessene Vorbereitung mehr Einblicke in Versuche (u. a. Anforderungen, Inhalte) erforderlich sind. Außerdem sollte das E-Learning verschiedene Lern-/Erklärvideos und spielerische Wiederholungseinheiten, wie LearningApps oder Quizze enthalten. Zusätzlich wünschten sich Lehrkräfte, dass Angebote für zuhause unterbreitet werden.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde eine Vorbereitung im E-Learning-Format konzipiert, mit deren Hilfe inhaltsbezogene Kompetenzen vorab vermittelt werden, um daraufhin im Schülerlabor das Experimentieren bzw. die prozessbezogenen Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung und des Bewertens im Sinne des Blended Learning anwenden und transferieren zu können.

Ausblick: Hauptstudie

Im Rahmen der Hauptstudie soll anschließend untersucht werden, ob das Blended Learning-Format das Bewerten des Recyclings von Kunststoffen der Schüler:innen unterstützen kann, welche Informationen (ggf. Fachwissen) und Kriterien die Schüler:innen zur Bewertung heranziehen und ob die Schüler:innen die gewonnenen Erkenntnisse zum Recycling von Einweggetränkeflaschen auf das Recycling von Kleidung im Rahmen der Bewertungskompetenz transferieren können.

Danksagung

Ein herzlicher Dank gilt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung (Aktenzeichen: 38330/01). Ebenso geht ein großer Dank an die beteiligten Studierenden, die im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten und Praktika wertvolle Beiträge geleistet haben.

Literatur

- Bałażńska, M., Kruczek, M. & Bondaruk, J. (2021). The environmental impact of various forms of waste PET bottle management. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 28/5, 473-480.
- Bögeholz, S., Höhle, C., Höttecke, D., & Menthe, J. (2018). Bewertungskompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin & Heidelberg: Springer, 261-281.
- Cayé, N. & Leighty, A. (2024). Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen 2020. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Deutsche Umwelthilfe e.V. (2024). Warum Mehrweg der beste Weg ist! https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Mehrweg/240415_Warum_Mehrweg_der_beste_Weg_ist_final.pdf (zuletzt abgerufen am: 28.10.2024)
- Eggert, S. (2008). Bewertungskompetenz für den Biologieunterricht: Vom Modell zur empirischen Überprüfung. Georg-August-University Göttingen. <https://doi.org/10.53846/goediss-287>
- Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano, C., Samani, P. & van der Meer, Y. (2023). How can the circular economy support the advancement of the Sustainable Development Goals (SDGs)? A comprehensive analysis. In: *Sustainable Production and Consumption*, 40, 352-362.
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). Die politische Dimension der Naturwissenschaft im Unterricht – Bewerten, Urteilen und Entscheiden. In U. Gebhard, D. Höttecke, & M. Rehm, *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer, 65-84. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19546-9_5
- Geissdoerfer, M., Pieroni, M., Pigosso, D. & Soufani, K. (2020). Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, 277, 1-15.
- Kistela, C. (2024). PLA-Recycling im Schülerlabor: Eine qualitative Analyse zur Förderung der Bewertungskompetenz von Schüler:innen im Kontext des Kunststoff-Recycling-Kreislaufs. Masterarbeit. Kultusministerkonferenz (KMK) (2024). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.06.2024.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2022). Bildungsplan des Gymnasiums. Chemie – Überarbeitete Fassung vom 25. März 2022. Neckar-Verlag.
- LIDL (2024). Die Kreislaufflasche – eine der ökologischsten Flaschen. <https://diekreislaufflasche.de/> (zuletzt abgerufen am: 28.10.2024)
- Müller, L. (2021). Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten. Berlin: Logos Verlag.
- Pawlak, F., & Schwarzer, S. (2024a). Ein biobasiertes Polykondensat: Synthese von PLA und Analyse der Polymerisation im Schülerexperiment. *CHEMKON*, 31(3), 82-89. <https://doi.org/10.1002/ckon.202300040>
- Pawlak, F., & Schwarzer, S. (2024b). MINT-Cluster "MINT me!": Blended Learning im Schülerlabor. In H. van der Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung*, 44, GDGP-Tagungsband.
- Schmitz, L., & Reiners, C. S. (2021). Alltägliche Entscheidungssituationen von Lernenden für den Chemieunterricht identifizieren. *CHEMKON*, 28(8), 327–335. <https://doi.org/10.1002/ckon.202000006>
- Schwarzer, S., Diekemper, D. & Pawlak, F. (2024) R-Strategien "Recycle" und "Rethink"- Circular Economy im Schülerlabor TüChemLab. In: *LeLa Magazin*, 36, 12–13.
- Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation: Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. *Science & Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V. (WAG) (2024). Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs von Alkoholfreien Getränken nach Getränkearten 2012 - 2023. <https://www.wafg.de/fileadmin/dokumente/pro-kopf-verbrauch.pdf> (zuletzt abgerufen am: 28.10.2024)