

**Rita Elisabeth Krebs**

Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Baden

**Martin Thill**

Umweltbundesamt GmbH, Wien

# Führungskultur im nachhaltigen Chemieunterricht

## Grüne Chemie als Kontext schafft neue Rollen für Lehrpersonen und Lernende

DOI: <https://doi.org/10.53349/schuleverantworten.2026.i2.a689>

Grüne Chemie bietet Antworten auf zentrale Herausforderungen der Gegenwart wie Ressourcenknappheit, Abfallvermeidung und die Reduktion chemischer Gefährdungspotenziale. Basierend auf den zwölf Prinzipien der Grünen Chemie eröffnet sie neue Kontexte für den Chemieunterricht und ermöglicht die Verbindung fachlicher Basiskonzepte mit Nachhaltigkeitsfragen. Die Integration Grüner Chemie erfordert jedoch nicht nur neue Inhalte, sondern auch ein verändertes Rollenverständnis von Lehrpersonen: Chemieunterricht bewegt sich zwischen Fachwissen und Futures Literacy. Lehrpersonen werden zu Ermöglicher\*innen transformativer Lernprozesse, die offene Reflexion, Zielkonflikte und Zukunftsfragen ermöglichen. Anhand praxisnaher Beispiele zu Kunststoffen, nachhaltigen Reinigungsmitteln und Batterietechnologien wird gezeigt, wie Grüne Chemie zukunftsorientierten Unterricht stärken und Lernende zu kritischem Denken, Bewertung und Mitgestaltung nachhaltiger Zukünfte befähigen kann.

*Grüne Chemie, Nachhaltigkeit, Futures Literacy*

Grüne Chemie versteht sich als eine mögliche Antwort auf die großen Herausforderungen der Chemie der Gegenwart: Wie können weniger Rohstoffe nachhaltiger eingesetzt werden? Wie können Abfallströme reduziert werden? Wie kann das Gefährdungspotenzial von Prozessen der chemischen Industrie und Forschung systematisch reduziert werden, um sichere Chemikalien zu erzeugen? Diese Ansätze sind in den zwölf Prinzipien der Grünen Chemie verankert (Anastas et al., 1998) und werden systematisch aus der Forschung ins Klassenzimmer übertragen (Middlecamp et al., 2025; Nahlik et al., 2023). Chemieunterricht vor dem Hintergrund der Grünen und Nachhaltigen Chemie bietet also neue Kontexte (Teplá et al., 2025), beispielsweise für das Erarbeiten von Basiskonzepten des Chemieunterrichts wie das Stoff-Teil-

chen-Konzept und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen (Pfeifer & Sommer, 2018). Gleichzeitig bedingt Chemieunterricht, der sich an den Prinzipien der Grünen Chemie orientiert, aber auch ein Umdenken aus der Perspektive der Lehrpersonen: Chemieunterricht steht hier zwischen der Erarbeitung von deklarativem Fachwissen und Zukunftsgestaltungskompetenz, oder Futures Literacy (Bierwisch et al., 2026); der Chemieunterricht, der Lernende zum systematischen und kritischen Denken befähigen soll, muss von der Lehrperson als Führungsperson im Klassenzimmer solchen transformativen Lernprozessen Raum geben, Emotionen und kritisches Hinterfragen zulassen und Veränderungen von Haltungen und Einstellungen ermöglichen (Grund et al., 2024).

## Vom Erklären zum Ermöglichen

Wer die Grüne Chemie und ihre Prinzipien ernst nimmt, erkennt schnell: Nachhaltigkeit lässt sich nicht frontal vermitteln. Sie muss erlebt, diskutiert und ausgehandelt werden; Zukünfte zu imaginieren und gestalten bedingt eine zukunfts offene und reflektierte Haltung (Bierwisch et al., 2026). Gerade im Chemieunterricht ist dieses Umdenken bedeutsam: Viele Schüler\*innen erleben Chemie noch als Fach der „richtigen Antworten“: Formeln, Reaktionsgleichungen, Laborprotokolle, eine Fehlerkultur, bei der eher zwischen richtig und falsch als zwischen anschlussfähig und zu überdenken, zu reflektieren und neu einzuordnen unterschieden wird. Grüne Chemie eröffnet zusätzlich Räume für Unsicherheit und Zukunftsfragen: Welche Lösung wäre nachhaltiger? Welche Zielkonflikte entstehen? Was wäre chemisch möglich und gesellschaftlich sinnvoll?

## Grüne Chemie im Unterricht: kleine Veränderungen, große Wirkung

Mit den neuen Lehrplänen für die Sekundarstufe I ist im Fach Chemie hier schon ein großer Anknüpfungspunkt für Grüne Chemie und Nachhaltigkeitsperspektiven geschaffen (Lembens, 2023): Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung ist eines der zentralen fächerübergreifenden Themen (bmbwf, 2023a); es sollen „Wissen, Kompetenzen und Fähigkeiten, Werte und Einstellungen erarbeitet werden, die junge Menschen befähigen, bei der Bewältigung der gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Herausforderungen auf lokaler bis hin zur globalen Ebene eine aktive Rolle einzunehmen“ (bmbwf, 2023b, S. 11). Demnach bedingt die Verankerung von Grüner Chemie im Chemieunterricht der Sekundarstufe nun primär ein Umdenken auf der Seite der Lehrpersonen, auch im Sinne einer nachhaltigen Führungskultur: Der Unterricht sollte mehr in Hinblick auf ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit ausgerichtet (Kolb & Schmid, 2023) und gesellschaftlich relevante Nachhaltigkeitsfragen wie beispielsweise die Ressourcennutzung in großtechnischen chemischen Prozessen (z. B. Nutzung von flüssigem Kohlenstoffdioxid zur Extraktion von Koffein aus Kaffee im Vergleich zu herkömmlichen Lösungsmitteln) oder die Einbringung von chemischen Substanzen in die

Umwelt (z. B. übermäßige Ausbringung von stickstoffhaltigen synthetischen Düngemitteln und daraus resultierende Folgen für die Umwelt) thematisieren.

### Beispiel 1: Kunststoffe neu denken

Im Unterricht zu Kunststoffen geht es häufig um Polymerisation, Eigenschaften und Recycling. Grüne Chemie kann diese Perspektive erweitern (Burmeister & Eilks, 2012), indem zusätzlich gefragt wird: Welche Rohstoffe werden verwendet? Welche Kunststoffe sind biologisch abbaubar und welche Probleme entstehen dadurch? Wie könnten Kunststoffe „safe and sustainable by design“ entwickelt werden? Schüler\*innen vergleichen Verpackungen oder analysieren Produktdesigns hinsichtlich Kreislauffähigkeit und Ressourceneinsatz. Dabei erkennen sie: Chemie ist nicht neutral, sie gestaltet Gesellschaft.

Das europäische Konzept Safe and Sustainable by Design (SSbD) verfolgt genau diesen Ansatz: Chemikalien und Materialien sollen bereits im Entwicklungsprozess sicher und nachhaltig gedacht werden – entlang ihres gesamten Lebenszyklus (European Commission, Directorate General for Research and Innovation, 2022). Im Unterricht könnten beispielsweise Versuche wie die Synthese und der Abbau von Kunststoffen aus Milch oder Glycerin thematisiert werden (Linkwitz et al., 2022).

### Beispiel 2: Säuren-Base-Reaktionen mit Alltagsbezug

Beim Thema Reinigungsmittel können Schüler\*innen Inhaltsstoffe analysieren und Fragen der Gesundheits- und Umweltverträglichkeit diskutieren sowie Reinigungsmittel aus nachhaltigen Rohstoffen analysieren (Wang et al., 2024): Warum enthalten manche Produkte problematische Stoffe? Welche Alternativen gibt es? Wie könnte ein „grünes“ Reinigungsmittel entwickelt werden? Die Rolle der Lehrperson verändert sich dabei, sie soll weniger fertige Antworten bieten, sondern zu mehr Fragen, Diskussionen und Perspektivwechseln anregen. Hier wäre ein möglicher Anknüpfungspunkt die Waschnuss als eine mögliche alternative Quelle zu synthetischen Tensiden (Wang et al., 2024).

### Beispiel 3: Energiewende und Batterien

Bei elektrochemischen Themen können Lernende Zielkonflikte von steigender Technologie-nutzung, Elektroschrott und nachhaltigen Technologien untersuchen (Visentin et al., 2024): Sind Lithium-Ionen-Batterien nachhaltig? Welche Alternativen existieren? Welche Rohstoffe sind kritisch? Schüler\*innen bewerten reale Innovationsprojekte anhand einfacher Kriterien aus der Grünen Chemie: Ressourcenverbrauch, Energieeffizienz, Gefährlichkeit oder Kreislauffähigkeit. So entsteht nicht nur Fachwissen, sondern Bewertungskompetenz kann gefördert werden (Wlotzka et al., 2024).

In allen drei Beispielen hat die Lehrperson die Rolle, auf ökologische, wirtschaftliche und soziale Aspekte der ‚herkömmlichen‘ Prozesse und Produkte aufmerksam zu machen und diese wenn möglich mit jenen aus dem Bereich der Grünen und Nachhaltigen Chemie zu kontras-

tieren – sie hat also die Aufgabe, ihren Unterricht im Sinne einer nachhaltigen Führungskultur auszurichten.

## Nachhaltige Führung und Grüne Chemie: Zutrauen statt Einfordern

Eine Kultur nachhaltiger Führung im Chemieunterricht zeigt sich einerseits durch die oben angeführte Themenwahl: Es werden explizit Nachhaltigkeitskontexte hervorgehoben. Gleichzeitig ist ein Aspekt von Sustainability Leadership im Chemieunterricht, dass Nachhaltigkeits-themen deutlich weniger einfach „richtige“ Antworten bieten. Die Wahl des richtigen Tensids für das Wäschewaschen hängt beispielsweise nicht nur davon ab, ob es wie das der Waschnuss aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen kann. Es müssen auch Risikofaktoren wie Toxizität und Persistenz in Lebewesen und Umwelt abgewogen werden. Außerdem muss auch beachtet werden, ob die Verwendung von Waschnüssen als Waschmittel überhaupt wirtschaftlich möglich ist – kann man überhaupt so viele Waschnüsse ernten, dass wir alle damit Wäsche waschen können? Zusätzlich betont Sustainability Leadership, oder nachhaltige Führungskultur, wie mit Lernenden umgegangen wird: Gefordert werden inklusive, kollaborative und systemische Formen des Führens, bei denen zukunftsorientiertes Lernen, Mitgestaltung und gemeinsames Problemlösen im Mittelpunkt stehen (Leal Filho et al., 2020). Lernprozesse sollen deshalb so gestaltet werden, dass Schüler\*innen eben jene komplexen und oft widersprüchlichen Herausforderungen bearbeiten können, ohne sofort – oder überhaupt – „ganz richtige“ Lösungen liefern zu müssen. Fehler und Fehlannahmen gelten dabei nicht als Defizite, sondern als wichtige Bestandteile von Reflexion, Innovation und Erkenntnisgewinn. Das Lehren und Lernen von Grüner und Nachhaltiger Chemie lebt hier von Vorstellungskraft, Offenheit und Imagination, etwa bei der Bearbeitung von Fragen, wie Materialien, Produkte oder Städte in Zukunft gestaltet werden könnten.

Grüne Chemie wird international zunehmend als Schlüssel zu einer nachhaltigen Transformation verstanden und in Europa eng mit Kreislaufwirtschaft, Ressourceneffizienz und Schadstoffreduktion verknüpft. Ziel ist eine Chemie, die Sicherheit, Nachhaltigkeit und Innovation zusammendenkt. Für Schulen bedeutet das also, dass Grüne Chemie nicht Zusatzthema ist, sondern Ausdruck einer Haltung; eine Haltung, die junge Menschen befähigt, kritisch zu denken, Verantwortung zu übernehmen und Zukunft aktiv mitzugestalten, also Futures Literacy zu entwickeln (Bianchi et al., 2022; Bierwisch et al., 2026). Nachhaltige Führung im Chemieunterricht heißt deshalb nicht, alles besser zu wissen, sondern Lernräume zu schaffen, in denen Schüler\*innen entdecken, dass Chemie Teil des Problems sein kann – aber auch Teil der Lösung.

## Literaturverzeichnis

Anastas, P. T., Warner, J. C., & Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press.

Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera, M., Punie, Y., & Bacigalupo, M. (2022). *GreenComp: Der Europäische Kompetenzrahmen für Nachhaltigkeit*. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen.

Bierwisch, A., Capatu, I., Krebs, R. E., Pattermann, J., Sippl, C., Som, O., Tengler, K., & Vögele, J. (2026). *FuturesComp: Referenzrahmen für Futures Literacy in der Hochschulbildung*. MCI, PH NÖ, BMFWF. <https://doi.org/10.53349/oa.2025.a2.200>

bmbwf. (2023a). *CHEMIE (2-stündig) Sekundarstufe I*. <https://www.paedagogikpaket.at/component/edocman/279-lehrplan-2/download.html?Itemid=0>

bmbwf. (2023b). *LEHRPLAN DER ALLGEMEINBILDENDEN HÖHEREN SCHULE (Allgemeiner Teil)*. [https://www.paedagogikpaket.at/images/Allgemeiner-Teil\\_AHS.pdf](https://www.paedagogikpaket.at/images/Allgemeiner-Teil_AHS.pdf)

Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to Education for Sustainable Development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93–102. <https://doi.org/10.1039/C1RP90067F>

European Commission, Directorate General for Research and Innovation. (2022). *Safe and sustainable by design chemicals and materials: A European assessment framework*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/86120>

Grund, J., Singer-Brodowski, M., & Büssing, A. G. (2024). Emotions and transformative learning for sustainability: A systematic review. *Sustainability Science*, 19(1), 307–324. <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01439-5>

Kolb, M., & Schmid, T. (2023). Sustainable Leadership. In S. O. Idowu, R. Schmidpeter, N. Capaldi, L. Zu, M. Del Baldo, & R. Abreu (Eds.), *Encyclopedia of Sustainable Management* (S. 3553–3556). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25984-5\\_577](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25984-5_577)

Leal Filho, W., Eustachio, J. H. P. P., Caldana, A. C. F., Will, M., Lange Salvia, A., Rampasso, I. S., Anholon, R., Platje, J., & Kovaleva, M. (2020). Sustainability Leadership in Higher Education Institutions: An Overview of Challenges. *Sustainability*, 12(9), 3761. <https://doi.org/10.3390/su12093761>

Linkwitz, M., Zidny, R., Nida, S., Seeger, L., Belova, N., & Eilks, I. (2022). Simple green organic chemistry experiments with the kitchen microwave for high school chemistry class-rooms. *Chemistry Teacher International*, 4(2), 165–172. <https://doi.org/10.1515/cti-2021-0034>

Lembens, A. (2023). *Positionspapier: Lehren und Lernen über „Grüne und Nachhaltige Chemie“ in der Schule*. [https://www.gruenechemieoesterreich.at/fileadmin/inhalte/greenchem/pdf/ap\\_3.2.1.a\\_positionspapier\\_fin\\_bf.pdf](https://www.gruenechemieoesterreich.at/fileadmin/inhalte/greenchem/pdf/ap_3.2.1.a_positionspapier_fin_bf.pdf)

Middlecamp, C. H., Kirchoff, M. M., Mahaffy, P., & Kümmerer, K. (Eds.). (2025). *Chemistry Education for a Sustainable Future*. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781837676576>

Nahlik, P., Kempf, L., Giese, J., Kojak, E., & Daubenmire, P. L. (2023). Developing green chemistry educational principles by exploring the pedagogical content knowledge of secondary and pre-

secondary school teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 283–298.  
<https://doi.org/10.1039/D2RP00229A>

Pfeifer, P., & Sommer, K. (2018). Fachliche Grundlagen des Chemieunterrichts: Die Basiskonzepte der Chemie. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Eds.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (1. Auflage, vollständige Neubearbeitung, pp. 17–44). Friedrich Aulis.

Teplá, A., Dachauer, J., Zodl, M., Steininger, R., & Lembens, A. (2025). Integrating green chemistry into Austrian secondary education using the context of wood biorefinery. *Chemistry Teacher International*, 7(4), 681–693. <https://doi.org/10.1515/cti-2025-0010>

Visentin, F., Cantin, J., & Santato, C. (2024). Active and Dynamic Learning in Sustainable Electronics. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3156–3162. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00096>

Wang, Z., McLenahan, C., & Abraham, L. (2024). Using soapnut extract as a natural surfactant in green chemistry education: A laboratory experiment aligning with UN SDG 12 for general chemistry courses. *RSC Sustainability*, 2(12), 3788–3797. <https://doi.org/10.1039/D4SU00397G>

## Autor\*innen

### **Rita Elisabeth Krebs**, Mag. Dr. BA

Promovierte Chemiedidaktikerin, seit Herbst 2024 Mitarbeiterin am UNESCO-Lehrstuhl „Futures Literacy“ an der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich sowie Lehrende an der Universität Wien. Schwerpunkte in Lehre und Forschung: Anthropozän, Sprachbildung, Naturwissenschaftsdidaktik, Nachhaltigkeit.

Kontakt: [rita.krebs@ph-noe.ac.at](mailto:rita.krebs@ph-noe.ac.at)

### **Martin Thill**, MSc.

Seit 2024 IT Projektmanager in der Umweltbundesamt GmbH, mehrjährige Erfahrung im Projekt-, Change- und Prozessmanagement sowie Nachhaltigkeit und Umweltmanagement; Nebentätigkeit als externer Lektor an der Fachhochschule Wiener Neustadt im Bereich Projekt- und Portfoliomanagement.

Kontakt: [martin.thill@umweltbundesamt.at](mailto:martin.thill@umweltbundesamt.at)