

Wie wird Grüne und nachhaltige Chemie in österreichischen Schulen unterrichtet? Erste Erkenntnisse aus der IUPAC-Erhebung in Österreich

Angesichts der Herausforderungen, vor denen unsere Gesellschaft steht, wird es für jede:n Einzelne:n immer wichtiger, die Fähigkeit zu entwickeln, informiert und reflektiert zu urteilen und zu handeln, um als verantwortungsbewusste Bürger:innen, Wissenschaftler:innen oder Entscheidungsträger:innen aktiv und konstruktiv an gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen mitzuwirken.

Ein Weg, um einen verantwortungsbewussten und nachhaltigen Umgang mit (chemischen) Produkten zu fördern, ist der Chemieunterricht (Zuin et al, 2021). Hier können ausgewählte Aspekte grüner und nachhaltiger Chemie (GNC) hervorragende Ansatzpunkte für die Entwicklung notwendiger Kenntnisse und Kompetenzen im Umgang mit aktuellen und zukünftigen Herausforderungen bieten (Mammino, 2015). Den Lehrpersonen kommt dabei die herausfordernde Aufgabe zu, Lernangebote zu schaffen, in denen die Lernenden ihre Fähigkeiten und Kenntnisse kontinuierlich erweitern sowie in realen Kontexten anwenden und üben können. Aber wie gut sind Lehrpersonen vorbereitet und wie gut sind Schulen ausgestattet, um den Schüler:innen ein solches Lernen anhand von Aspekten GNC zu ermöglichen? Diesen Fragen ist die internationale Online-Erhebung der IUPAC unter Chemielehrenden an weiterführenden Schulen nachgegangen (Delaney et al, 2024). Mit dieser Erhebung wurden weltweit Informationen zu Chemieunterricht mit Bezug zu GNC erhoben, um wichtige Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie (Chemie-)Lehrpersonen und Schulen unterstützt werden können und müssen, um zukünftigen Generationen das nötige Wissen und die Kompetenzen für einen verantwortungsvollen Umgang mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen und den damit erzeugten Produkten mitzugeben.

Grüne (und nachhaltige) Chemie (Anastas & Warner, 1998) ist ein Ansatz, mit dem das Ziel verfolgt wird, Nachhaltigkeit in chemisches Denken und Handeln zu integrieren und dadurch einen verantwortungsbewussteren und sichereren Umgang mit chemischen Prozessen und Produkten zu gewährleisten. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf Energieeffizienz, Ressourcenschonung, sowie Gesundheits- und Umweltverträglichkeit (Abb. 1).

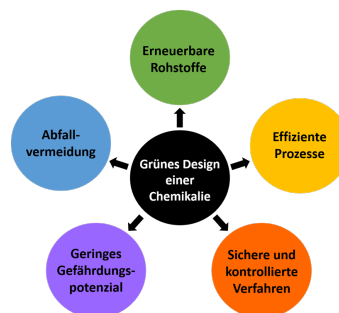


Abb. 1: Ziele grüner Chemie (Umweltbundesamt, 2025)

Erhebungsinstrument und Stichprobe

Das Erhebungsinstrument mit geschlossenen und offenen Antwortformaten wurde mit Blick auf regionale Gegebenheiten für jedes teilnehmende Land angepasst und übersetzt. Wegen fehlender Personal- und Zeitressourcen konnte jedoch keine Rückübersetzung und keine Pilotierung durchgeführt werden. Im allgemeinen Teil wurde unter anderem nach Aus-

bildungswegen, Unterrichtserfahrung, Berührungspunkten und Informationsquellen zu GNC gefragt. Im weiteren Verlauf machten die Teilnehmer:innen Angaben zu Auswahlkriterien für verschiedenen Aktivitäten in ihrem Chemieunterricht. Mit Blick auf Versuche wurde nach der Häufigkeit von Schüler:innen- und Demonstrationsversuchen gefragt sowie um Beispiele für Versuche mit Bezug zu GNC gebeten. Außerdem wurde erfragt, welche Ziele mit der Durchführung von Versuchen verfolgt werden und welche Herausforderungen die Lehrpersonen bei der Durchführung wahrnehmen. Abschließend ging es um mögliche Unterstützungsangebote, die die Lehrpersonen sich wünschen bzw. nutzen würden.

Um Lehrpersonen über die Erhebung im Wintersemester 2024 zu informieren und sie für die Teilnahme zu motivieren, wurde ein Info-Artikel (Lembens & Teplá, 2024) in der Verbandszeitschrift der österreichischen Chemielehrer:innen publiziert und in einer Folgeausgabe ein Flyer mit QR-Code-Link zur Erhebung beigelegt. Des Weiteren wurden alle Schulen und die Bundesarbeitsgemeinschaftsleiter:innen per Mail informiert. Insgesamt haben 314 Teilnehmer:innen die Online-Erhebung weitgehend vollständig ausgefüllt, wobei nur in wenigen Fällen geringfügige Antwortlücken zu verzeichnen waren. Da es keine offiziellen Daten zur Anzahl von Chemielehrer:innen in Österreich gibt, wurde die Anzahl anhand der verfügbaren Daten zur Anzahl von Schulen und Schultypen geschätzt. Es ist davon auszugehen, dass die Stichprobe ca. 10 % aller Chemielehrenden umfasst.

Ausgewählte Einblicke

Die überwiegende Mehrheit (88 %) der teilnehmenden Lehrpersonen hat ein Lehramtsstudium absolviert, 8 % haben kein Lehramtsstudium und 4 % absolvierten gerade einen Hochschullehrgang für Quereinsteiger:innen. Auf die Frage, in welchen Bereichen sie mit GNC bereits in Berührung gekommen sind, gaben 133 Befragte das *Internet* an, gefolgt von *Kolleg:innen* und *Fachzeitschriften* (überwiegend Chemie&Schule, ein österreichisches Chemielehrer:innenjournal). 65 Personen hatten im Rahmen von *Fortbildungen* Kontakt mit Themen der GNC, 56 Personen im *Studium* und 34 Personen auf *Tagungen*.

Chemie ist eine empirische Disziplin, somit sollte der Chemieunterricht auch chemiespezifische Denk- und Arbeitsweisen sowie Erkenntnisgewinnungsprozesse anhand von Versuchen erfahrbar machen. Daher wurden die Teilnehmer:innen unter anderem gefragt, wie oft sie Schüler:innen- bzw. Demonstrationsversuche in ihrem Unterricht durchführen. Von den Befragten gaben 265 Personen an, Versuche *einmal bis mehrmals pro Woche* durchzuführen, 323 Personen gaben an, Versuche *einmal pro Monat* bzw. *mehrmals pro Jahr* durchzuführen und 28-mal wurde angegeben, *niemals* Versuche durchzuführen. Diejenigen Lehrpersonen, die angaben, öfter Versuche in ihrem Unterricht durchzuführen, bevorzugten Demonstrations- (156) vor Schüler:innenversuchen (109).

Anleitungen für Versuche zu GNC bezogen die Befragten hauptsächlich aus dem *Internet* (155), erhielten diese auf *Fortbildungen* (133) oder von *Kolleg:innen* (108). 78-mal wurde angegeben, Anleitungen aus dem *Studium* zu haben und 55-mal, dass Versuche *selbst entwickelt* wurden. *Tagungen* (53) wurden als weitere Quelle genannt.

Ergänzend wurden die Befragten gebeten, bis zu drei Versuche zu nennen, die sie gerne in ihrem Unterricht im Kontext GNC einsetzen. Insgesamt gab es 78 verschiedene Nennungen mit folgenden Favoriten:

- Synthese von Polymeren (beispielsweise aus Stärke): 38 Nennungen
- Elektrolyse zur Gewinnung von Wasserstoffgas: 27 Nennungen
- Analyse von Wasserproben: 21 Nennungen

Die meisten der genannten Versuche hatten nur sehr entfernt mit GNC zu tun.

Kritisches Denken und Problemlösekompetenzen gelten angesichts der großen globalen gesellschaftlichen Herausforderungen als ein wichtiges Bildungsziel (Pfister, 2020; Kruse, 2024). Chemieunterricht kann dazu einen Beitrag leisten, wenn er entsprechend angelegt ist (Teplá et al., accepted). Aus diesem Grund wurden die Lehrpersonen gefragt, welchen Stellenwert für sie die Möglichkeit hat, kritisches Denken und Problemlösekompetenzen zu entwickeln und/oder zu üben, wenn sie in ihrem Chemieunterricht ‚allgemeine praktische Aktivitäten‘ bzw. ‚Versuche zu GNC‘ durchführen. Die Antworten zeigen, dass dies den Befragten zu einem überwiegenden Teil *eher wichtig* und *sehr wichtig* war. Interessanterweise gibt es hier jedoch einen signifikanten Unterschied zwischen ‚allgemeinen Aktivitäten‘ und ‚Versuchen‘ zuungunsten der ‚Versuche‘, den es noch weiter zu untersuchen gilt.

Nach den Herausforderungen gefragt, vor denen die Lehrpersonen stehen, wenn sie mehr Versuche zu GNC durchführen möchten, wurden an erster Stelle mit 35 Nennungen *fehlende Bezugsquellen* für Versuchsanleitungen genannt, gefolgt von *allgemeinem Zeitmangel* (30), *fehlenden materiellen Ressourcen* (27), *fehlenden Kenntnissen* zu GNC (26) und einem *geringen Versuchsrepertoire* (25). Darüber hinaus wurden als Gründe ein *hoher Umsetzungsaufwand* und eine *fehlende Lehrplanpassung* angegeben. Ein Blick in die aktuellen Lehrpläne zeigt jedoch vielfältige Anknüpfungspunkte zu GNC in allen Schulstufen (Lembens, 2023).

Bei der Frage nach gewünschten Unterstützungsangeboten, gaben sehr viele Befragte *Versuchsanleitungssammlungen* (243) und *komplette Versuchssets* (189) an, weiterhin hoch im Kurs standen *digital verfügbare Materialien* (180), *fertige Unterrichtskonzeptionen* (170) und *Fortbildungen* (160). Ein Großteil dieser Wünsche kann bereits erfüllt werden.

Folgende Angebote stehen zur Verfügung:

- digital verfügbare Informationen zu GNC (z. B. SpottingScience Vienna, Lembens et al. 2022)
- digital verfügbare Unterrichtsmaterialien zu GNC (z. B. AECC Chemie, Teplá et al., 2024)
- digital verfügbare Sammlung von Versuchen zu GNC (z. B. AECC Chemie)
- Fortbildungen zu GNC (z. B. AECC Chemie)
- Artikel zu GNC in deutschsprachigen (Lehrer:innen-)Zeitschriften (z. B. ChemKon, Chemie&Schule, plusLucis)
- ein Projektwettbewerb des Verbands der Chemielehrer/innen Österreichs zu GNC (VCÖ)

Schlussfolgerungen und Ausblick

Aufgrund der Diskrepanz zwischen vorhandenen Unterstützungsangeboten für das Unterrichten über GNC und dem wahrgenommenen Fehlen entsprechender Angebote, sollte gezielter über diese Angebote informiert werden. Außerdem sollte mit Blick auf den Lehrplan explizit herausgearbeitet werden, welche Potentiale im Unterrichten über GNC liegen, um junge Menschen beim Treffen informierter und verantwortungsvoller Wahl- und Konsumentscheidungen zu unterstützen. Dies könnte auch über die Einarbeitung entsprechender Inhalte in das Curriculum für das Lehramtsstudium unterstützt werden.

Literatur

- AECC Chemie (ohne Jahr). Das Projekt „Grüne und nachhaltige Chemie“
<https://aeccc.univie.ac.at/forschung/laufende-projekte/gruene-und-nachhaltige-chemie/> [21.10.2025]
- Anastas, P. & Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*; Oxford University Press: New York.
- Delaney, S., Chiavaroli, L., Dissanayake, T., Pham, L., Schultz, M. (2024). International teacher survey on green and sustainable chemistry (GSC) Practical activities: Design and implementation. *CTI*, 6(3), 295-309. <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0050>
- Kruse, O. (2024). *Kritisches Denken und Argumentieren*. 2. Auflage. UTB
- Lembens, A. (2023). Positionspapier: Lehren und Lernen über „Grüne und nachhaltige Chemie“ in der Schule. Umweltbundesamt, Bildung, <https://www.gruenechemieoesterreich.at/bildung>;
- Lembens, A. & Teplá, A. (2024). Grüne und nachhaltige Chemie in der Schule unterrichten?! In: *Chemie & Schule*, 39(1), 19-21.
- Lembens, A., Heinzle, G., Teplá, A., Maulide, N., Preinfalk, A., Kaiser, D. & Spitzer, P. (2022). SpottingScience – A digital learning environment to introduce Green Chemistry to secondary students and the public. In: *Chemistry Teacher International*. De Gruyter. 1-12. <https://doi.org/10.1515/cti-2021-0025>
- Mammino, L. A (2015). Great challenge of green chemistry education: The interface between provision of information and behaviour patterns. In: V. Zuin & L. Mammino (Eds.): *Worldwide Trends in Green Chemistry Education*. The Royal Society of Chemistry, 1-15. <https://doi.org/10.1039/9781782621942-00001>
- Pfister, J. (2020). *Kritisches Denken*. Reclam
- SpottingScience Vienna (ohne Jahr). Digitale Informationen und Lernumgebungen zu „Grüner und nachhaltiger Chemie“ <https://www.spottingscience-vienna.at/> [21.10.2025]
- Teplá, A., Hettegger, H., Rosenau, T. & Lembens, A. (2024). Ganz schön raffiniert: Grüne und nachhaltige Chemie am Beispiel der Holz-Bioraffinerie unterrichten. Eine Unterrichtsreihe für die Sekundarstufe II. *ChemKon*, 31. <https://doi.org/10.1002/ckon.202400036>
- Teplá, A., Dachauer, J., Zodl, M., Steininger, R. & Lembens, A. (accepted). Integrating green chemistry into Austrian secondary education using the context of wood biorefinery. In: *Chemistry Teacher International*. De Gruyter.
- VCÖ (ohne Jahr). Projektwettbewerb des Verbands der Chemielehrer/innen Österreichs <https://hp.vcoe.or.at/web/index.php/veranstaltungen/projektwettbewerb.html> [21.10.2025]
- Zuin, V., Eilks, I., Elschami, M. & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: Perspectives towards sustainability. *Green Chem.*, 23(4), 1594-1608. <https://doi.org/10.1039/D0GC03313H>