



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Welche Bedeutung messen österreichische ChemielehrerInnen der
Bildung für nachhaltige Entwicklung bei?

Eine qualitative Fragebogenstudie

verfasst von / submitted by

Bettina Seisenbacher, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Education (MEd)

Wien, 2021 / Vienna, 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 199 502 504

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund
UF Biologie und Umweltkunde Lehrverbund
UF Chemie Lehrverbund

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Katharina Groß

Danksagung

Ich möchte mich sehr herzlich für die geduldige Beratung und das stets konstruktive Feedback bei meiner Betreuerin, Frau Univ.-Prof. Dr. Katharina Groß bedanken. Großer Dank gilt auch Frau Mag. Pia Harmer für die Beratung bei der Gestaltung der Unterrichtsvorschläge und Karin Lugmayr für das Korrekturlesen meines Abstracts.

Großen Dank schulde ich auch meiner Familie, insbesondere meiner Mama und meinem Mann, die mich während und vor allem auch gegen Ende des Studiums tatkräftig unterstützt und ertragen haben.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob und inwiefern österreichische ChemielehrerInnen Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE) und die darin verankerten Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen umsetzen.

Zunächst wird erklärt, was man unter Nachhaltigkeit, den Sustainable Development Goals und Bildung für nachhaltige Entwicklung überhaupt versteht und wie diese Punkte im österreichischen allgemeinen Lehrplan und im Lehrplan für Chemie verankert sind. Auch Studien zur bisherigen Umsetzung von BnE werden zur genaueren Betrachtung des Themas herangezogen und untersucht.

Darüber hinaus werden einige Schulbücher danach analysiert, ob sie Voraussetzungen für Bildung für nachhaltige Entwicklung im Unterricht schaffen und Unterrichtsmaterialien entwickelt, die einige Sustainable Development Goals abdecken.

Mithilfe eines Fragebogens wird die aktuelle Meinung von Chemielehrenden der Sekundarstufe zu diesen Themen evaluiert, darunter auch Gründe, warum BnE nicht umgesetzt wird und wie man die Umsetzung vereinfachen könnte.

Die Fragebogenstudie zeigt, dass nur ca. ein Fünftel der befragten ChemielehrerInnen ein vollständiges Bild von Nachhaltigkeit definiert nach Hans Carl von Carlowitz (basierend auf dem Drei-Säulen-Modell; Friedrich & Gottschlich, 2014) hat und die davon abgeleiteten Unterrichtsprinzipien anwendet. Der Rest definiert Nachhaltigkeit zum größten Teil auf ökologischer Ebene und setzt (wenn überhaupt) „nur“ Umweltbildung im Unterricht um.

Für einen interdisziplinäreren und ganzheitlichen Unterricht im Sinne der Nachhaltigkeit wäre ein Mehr an Informationen zu dem Thema und ein Methodenkit für Lehrende hilfreich, wie auch Eilks (2017) im Rahmen seiner Studien in Deutschland festgestellt hat.

Diese Erkenntnis nimmt vor allem die Universitäten und Pädagogischen Hochschulen in die Verantwortung, Bildung für nachhaltige Entwicklung auch in die Ausbildung von Lehrpersonen hineinfließen zu lassen und die notwendigen fachlichen Kenntnisse als auch pädagogisch-didaktischen Methoden in der Ausbildung oder im Rahmen von Fortbildungen mitzugeben.

Abstract

This master thesis focuses on the question if and how Austrian chemistry teachers implement education for sustainable development (ESD) and therefore also the sustainable development goals (SDGs) adopted by the United Nations into their lessons.

Firstly the term ‘sustainability’ is defined and the sustainable development goals and education for sustainable development are explained more precisely. Furthermore, the Austrian curriculum is examined carefully under the aspect of sustainability education.

By means of the inquiry the willingness of secondary school chemistry teachers to implement ESD is evaluated, as well as their reasons for not including ESD, respectively the SDGs, into their chemistry lessons. Additionally they are asked what the problems of ESD are and how it could be made more attractive. Also school books are analyzed for their SDG content and their usefulness for sustainability education.

The inquiry shows that just about twenty percent of Austrian chemistry teachers define sustainability by reference to three components (ecology, economy and social components), which is important for a comprehensive realization of ESD. The other eighty percent define sustainability especially as an ecological term and therefore „only“ provide environmental education (if at all).

To gain interdisciplinary and comprehensive education for sustainable development, teachers need more information regarding sustainability and pedagogical methods for the realization of ESD, just as Eilks (2017) has also observed within his studies in Germany.

Based on these findings universities and teacher training colleges must include education for sustainable development in their curricula and provide (future) teachers with the necessary information and pedagogical/didactical methods within their training programs.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Theoretische Grundlagen	3
2.1	„Nachhaltigkeit“ – Begriffsentwicklung im Laufe der Zeit	3
2.2	Auf dem Weg zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE)	5
2.3	Die Sustainable Development Goals dienen als Grundlage für Bildung für nachhaltige Entwicklung	8
2.4	Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung in Österreich	32
2.5	Verankerung im Lehrplan	34
2.5.1	Allgemeiner Lehrplan	34
2.5.2	Lehrplan für Chemie	35
2.6	Thematisierung in Schulbüchern	39
2.6.1	Unterstufe	39
2.6.2	Oberstufe	41
2.7	Pädagogische Prinzipien für die Umsetzung im Unterricht.....	44
2.8	Bisherige Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht	48
3	Zielsetzung und Forschungsfrage	53
4	Untersuchungsplanung und –design	54
4.1	Stichprobe	54
4.2	Themenschwerpunkte	55
4.3	Pilotierung.....	55
4.4	Qualität der Erhebungsmethode.....	55
5	Datenerhebung und -auswertung	56
5.1	Erhebungsmethode	56
5.2	Auswertung.....	60
5.3	Reflexion der Erhebungsmethode	61
6	Ergebnisdarstellung und Diskussion.....	63
7	Konsequenzen	86
7.1	Konsequenzen für die Schule.....	86
7.2	Konsequenzen für die LehrerInnenbildung	87
8	Möglichkeiten der Thematisierung von Nachhaltigkeit im Chemieunterricht – Vorschläge für Unterrichtsplanungen	93
8.1	Goldgewinnung.....	93
8.2	Vitamin A	112
8.3	Kochen mit und ohne Strom	121
9	Fazit und Ausblick	130
10	Anhang.....	132
10.1	Fragebogen	132
10.2	Lösungs- und Informationsblätter zu den Unterrichtsentwürfen.....	145
10.2.1	Goldbergbau	145
10.2.2	Vitamin A.....	153
10.2.3	Kochen mit und ohne Strom.....	157
I.	Literaturverzeichnis	160
II.	Abbildungsverzeichnis.....	168
III.	Tabellenverzeichnis.....	171
IV.	Erklärung der Selbständigkeit.....	172

1 Einleitung

Der rasche Anstieg der CO₂-Konzentration seit den Sechzigerjahren des 20. Jahrhunderts, die Waldzerstörung in den Siebzigerjahren durch sauren Regen infolge von starken NO_x- und SO₂-Emissionen, immer größer werdende Plastikmüllinseln in den Meeren und die häufiger beobachtbaren Wetterextreme in den letzten zwanzig Jahren weisen auf starke anthropogene Einflüsse auf die Natur hin. Auch ökonomische, soziale und humanitäre Herausforderungen, wie z. B. Kinderarbeit, Armut oder die aktuelle Corona-Krise, stellen die Gesellschaft vor große Aufgaben.

Auf Grundlage solcher Problemfelder entwickelten die Vereinten Nationen, ein Zusammenschluss von 193 Staaten weltweit, im Jahr 2015 im Rahmen der „Agenda 2030“ siebzehn „Sustainable Development Goals“, die die Themen Armut, Ungleichheit, Klimawandel, Umweltzerstörung, Gesundheit, Bildung, Frieden und Rechte beinhalten (Vereinte Nationen, 2015).

Auch Österreich hat sich zur Umsetzung der Agenda 2030 verpflichtet und sieht Bildung als Schlüsselbereich für nachhaltige Entwicklung an, wobei sichergestellt werden soll, dass *„alle Lernenden die für nachhaltige Entwicklung notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung, nachhaltige Lebensweise, Menschenrechte, Gleichberechtigung der Geschlechter, Förderung einer Kultur des Friedens und der Gewaltfreiheit, Weltbürgerschaft und durch die Wertschätzung kultureller Vielfalt“* (BMBWF, 2020).

Warum Bildung für nachhaltige Entwicklung?

Handeln im Sinne der Nachhaltigkeit ist nichts Selbstverständliches. Man braucht ein grundlegendes Verständnis von ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Zusammenhängen, um Strategien für zukunftsfähiges Wirtschaften und Leben zu entwickeln (Österreichisches Dekadenbüro BnE, 2008). Dementsprechend ist Bildung für nachhaltige Entwicklung in allen Bildungsebenen ein zentrales Grundprinzip, das seit 2015 auch bereits in die nationalen Lehrpläne eingegliedert worden ist.

Was diese Arbeit leistet

Was man unter „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ und dem darin fest verankerten Nachhaltigkeitskonzept versteht, wird in den theoretischen Grundlagen näher erörtert. Um die Fragen zu klären, ob Bildung für nachhaltige Entwicklung (kurz BnE) in den

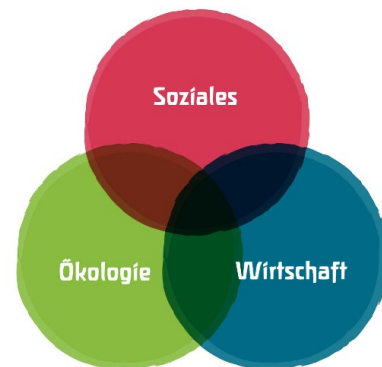
österreichischen Klassenräumen, und dabei im speziellen den Chemiesälen des Landes schon angekommen ist und wie diese umgesetzt wird bzw. welche Argumente ChemielehrerInnen dafür oder dagegen haben, wird in Kapitel 5 eine qualitative Fragebogenstudie durchgeführt. Das Untersuchungsdesign und die Methodik wird in Kapitel 4 näher erläutert. Darüber hinaus werden gängige österreichische Schulbücher inhaltlich auf die Implementation von Sustainable Development Goals analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Schulbuchanalyse, der Fragenbogenstudie und vorhandenen Studien aus anderen europäischen Ländern, in denen dieser Frage bereits teilweise nachgegangen worden ist, werden im Kapitel 7 gegenübergestellt und reflektiert. Auf Basis der Reflexion werden Tipps zur Thematisierung verschiedenster SDGs gesammelt und in Form von unterrichtspraktischen Vorschlägen an drei Beispielen umgesetzt. Arbeitsblätter, Lösungsvorschläge und Experimentieranleitungen finden sich im Anhang.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 „Nachhaltigkeit“ – Begriffsentwicklung im Laufe der Zeit

In seinem Buch „Die Entdeckung der Nachhaltigkeit“ beschreibt Grober, dass es die Idee der Nachhaltigkeit schon sehr früh in der Geschichte gegeben hat und dass sie jedes Mal aus Krisen hervorging (Grober, 2010).

Als „Erfinder der Nachhaltigkeit“ wird oft Hans Carl von Carlowitz genannt, der bereits vor über 300 Jahren für Nachhaltigkeit in der Forstwirtschaft plädierte, da die Waldvorkommen durch die starke Abholzung immer knapper wurden. Damals bedeutete nachhaltiges Wirtschaften für ihn, dass nicht mehr Bäume abgeholzt werden sollen, als wieder nachwachsen können (Scherenberg, 2011; Friedrich & Gottschlich, 2014; Eilks, 2015). Er beschrieb auch ein Dreieck der Nachhaltigkeit, wobei ökologisches Gleichgewicht, ökonomische Sicherheit und soziale Gerechtigkeit die Eckpunkte darstellen (vgl. Abb. 1) (Grober, 2010).



Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

Abb. 1 Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

Der Nachhaltigkeitsbegriff erlebt Anfang der 1960er Jahre Hochkonjunktur als die amerikanische Forscherin Rachel Carson ihr Buch „Silent Spring“ veröffentlicht, das die Umweltvergiftung durch Pestizide thematisiert und somit eine „Welle ökologischen Engagements“ auslöste (Baldauf, 2019). Seitdem ist das Wort Nachhaltigkeit in aller Munde und wird immer wieder neu definiert.

Laut Viviane Scherenberg (2011) gibt es für den Nachhaltigkeitsbegriff keine eindeutige Definition, jedoch viele verschiedene Bedeutungen, wobei bei allen (Verteilungs-)Gerechtigkeit im Mittelpunkt steht und somit alle Bereiche mit einbezieht, bei denen es eine Ressourcenknappheit geben kann. Als Antrieb nachhaltiger Entwicklung nennt Scherenberg folgende Faktoren:

- Ökologie (Verknappung von Ressourcen)
- Ökonomischer Druck (Finanzierbarkeit)

- Steigende gesellschaftliche Ansprüche (Globalisierung, Politischer Druck,...)
- Wettbewerbsbezogene Aspekte (Konkurrenzfähigkeit am Kapitalmarkt)
- Ethische Aspekte (Verantwortungsgefühl gegenüber Umwelt, Gesellschaft, zukünftigen Generationen, Mitarbeitern)

Jörg Tremmel (2004) versucht den Begriff „Nachhaltigkeit“ nach einem kriteriengebundenen Verfahren zu definieren. Er legt dabei vier Kriterien für die Definition fest:

- Bedeutung bei der Erstverwendung
Die Brundtland-Kommission definiert Nachhaltigkeit als *„Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne die künftigen Generation daran zu hindern, diese Bedürfnisse auch zu befriedigen.“*
- Bedeutungsanalyse (Verwendung des Begriffs durch WissenschaftlerInnen)
Der Begriff wird weitläufig verwendet, aber allen Verwendungen ist gemein, dass sie in etwa der Definition der Brundtland-Kommission entsprechen.
- Fruchtbarkeit
Aus dem Begriff sollen sich möglichst viele wissenschaftliche Theorien ableiten lassen.
- Notwendigkeit
Der Begriff „Nachhaltigkeit“ ist für die Definition von inter- und intragenerationeller Gerechtigkeit notwendig, da es dafür noch keinen eigenen passenden Begriff gibt (ebd.).

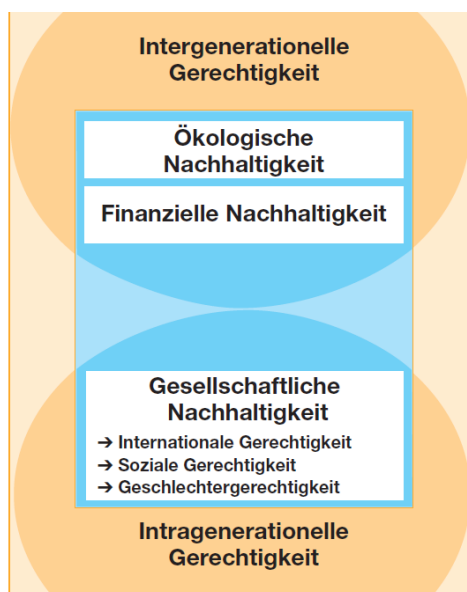


Abb. 2 Die analytische Definition der Nachhaltigkeit nach Tremmel (2004)

Dementsprechend ist Nachhaltigkeit nach Tremmel definiert als *„Konzept, das intergenerationelle und intragenerationelle Gerechtigkeit auf der normativen Ebene gleichrangig behandelt“* (ebd.). Das heißt, dass der Begriff Nachhaltigkeit Richtlinien umfasst, die Gerechtigkeit zwischen den Menschen, die jetzt auf dem Planeten leben, sicherstellen sollen, aber auch, dass zukünftige Generationen noch gerecht behandelt werden – also dass wir nicht jetzt Bedingungen schaffen, die für zukünftige Generationen erhebliche Nachteile bringen.

In der nachfolgenden Arbeit bezieht sich der Begriff „Nachhaltigkeit“ auf die Definition von Jörg Tremmel (2004), wobei neben den 3 Säulen auch die zeitliche Komponente eine wichtige Rolle spielt.

2.2 Auf dem Weg zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE)

Es gab in den letzten Jahrzehnten verschiedene Konzepte zum Thema Umweltbildung. In den 1960er Jahren wurde – aufbauend auf der aktuellen Umweltbewegung, die durch das Werk „Silent Spring“ ausgelöst wurde – die Umwelterziehung eingeführt, die auf Bewusstseinsbildung über bestehende Umweltprobleme und daraus resultierend auf ökologische Verantwortung abzielen sollte (Rauch, 2005).

Auch in Österreich war die Umweltbewegung stark vertreten. Nachdem Ende der 70er Jahre die Eröffnung des AKW Zwentendorf gestoppt werden konnte, wurde auch die Hainburger Au vor dem Bau eines Donaukraftwerkes bewahrt. Wenige Jahre später wurden die Grünen gegründet (Die Grünen, 2021). Gleichzeitig entstand, geboren aus einer schwierigen Wirtschaftslage nach dem Ölschock 1973, eine neue Art der Pädagogik im Sinne der humanistischen Psychologie, bei der zwischenmenschliche Beziehungen, Selbstverwirklichung und Kreativität in den Mittelpunkt rückten. Bewegungen wie die „Pädagogik der neuen Linken“ für eine herrschaftsfreie Gesellschaft und die „Antipädagogik“, die z. B. besagt, dass Kinder keine Erziehung benötigen, traten auf die Bildfläche (Schmidt-Sichermann, 2020). Aufbauend auf diesen Konzepten wurde in den Achtzigerjahren die Ökopädagogik populär, die einen emotionaleren und ganzheitlicheren Zugang zur Natur propagierte. Dieses Konzept geriet aufgrund seiner antimodern und spirituell angehauchten Ausrichtung schnell unter Kritik (Rauch, 2005).

Als Kompromiss zwischen der Umwelterziehung und der Ökopädagogik wurde 1988 die „Ökologische Orientierung“ von Gerhard Mertens entwickelt, die sowohl die moderne industrielle Nutzung natürlicher Ressourcen als auch die Bedeutung unberührter Natur für die Menschheit berücksichtigt (ebd.).

Anfang der Neunzigerjahre gab es ein internationales OECD-Projekt namens „Environment and School Initiatives (ENSI)“, bei dem die Entwicklung reflektiver

Handlungskompetenz von SchülerInnen, der Erwerb von Kooperationsfähigkeit, Eigeninitiative, Eigenständigkeit und die Fähigkeit zum selbständigen Wissenserwerb zu zentralen Themen der sozio-ökologischen Umweltbildung wurden. Diese Softskills sollen zu Entscheidungsfähigkeit der SchülerInnen im Rahmen demokratischer Prozesse führen. Diese Bewegung nimmt Abstand von der bisherigen Auffassung, dass Kinder lernen sollten, sich umweltbewusst zu verhalten und konzentriert sich mehr darauf, dass SchülerInnen die Fähigkeit bekommen, problematische Handlungsweisen aus ihrer eigenen Lebenswirklichkeit kritisch zu reflektieren (ebd.).

Laut Gerhard de Haan sei Umweltbildung seit der UN-Konferenz 1992 in Rio de Janeiro als Bildung für nachhaltige Entwicklung anzusehen, wobei hier auch die Frage nach Verteilungsgerechtigkeit und somit auch ethische Aspekte hineinfließen. Die Ausrichtung der UNESCO steht aber auch unter Kritik, da sie die Natur nur als Ressourcenpool ansehe und ökonomische Hintergedanken die Bildung für nachhaltige Entwicklung dominieren würden. Das dabei festgelegte Gedankenmodell beeinflusse die SchülerInnen und würde das in der BnE populäre eigenständige Denken wiederum einschränken und auf (politisch) determinierte Ziele hinführen (Heinrich, 2005).

Diese Kritik stimmt mit der Legitimationsfunktion der Schule nach Fend (1980) überein, nach der bestimmte Normen und Werte in der Schule vermittelt werden, um die in der Gesellschaft geltenden Ansichten zu legitimieren und so für die Erhaltung einer Stabilität innerhalb des Staates zu sorgen. Dass die Qualifikationsfunktion der Schule (also das Hinführen zu selbständigem Denken) und die Legitimationsfunktion ineinander widersprüchlich sind, hat Fend auch in seinem Werk schon thematisiert (ebd.).

Nichtsdestotrotz konnte sich die „klassische“ Umwelterziehung (1960 – 1990) gegen die neue Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht durchsetzen. Grund dafür sind laut Jürgen Rost (2002) vor allem 6 Kernprobleme:

- 1) SchülerInnen sollen zum „richtigen“ Handeln motiviert werden. Sie sollen zwar alles besser machen, als die Generation vor ihnen, lernen aber nicht genau, was oder wie sie das umsetzen können.
- 2) Ökologische Nachhaltigkeit ist ein sehr komplexes und umfangreiches Thema

- 3) Umwelterziehung verfolgt eher sanfte pädagogische Ansätze, wobei eine Werteerziehung sehr schwierig umzusetzen ist
- 4) Es gibt sehr viele Einstellungen zu den umweltrelevanten Themen und auch sehr viele Lösungsansätze. Sich für eine Alternative zu entscheiden, kann mitunter sehr schwierig sein.
- 5) Die Erhaltung der Umwelt im Sinne der Umwelterziehung verfolgt teilweise gegenteilige Ziele, als die SchülerInnen eigentlich haben (SchülerInnen könnten z. B. immer das neueste Smartphone wollen, das ist aber ambivalent zum Nachhaltigkeitsgedanken).
- 6) Es gibt keinen definierten Wissenspool, der aber für die Erreichung der Ziele der Umwelterziehung unabdingbar wäre. Lehrpersonen und SchülerInnen müssen sich ihr Wissen selbst aneignen, wobei Medienkompetenz und Diskussionsbereitschaft gefragt ist (ebd.).

Zusammenfassend hier noch einmal ein kurzer Überblick über die Entwicklungen ab Mitte des 20. Jahrhunderts:

Umweltbildung im Laufe der Jahre

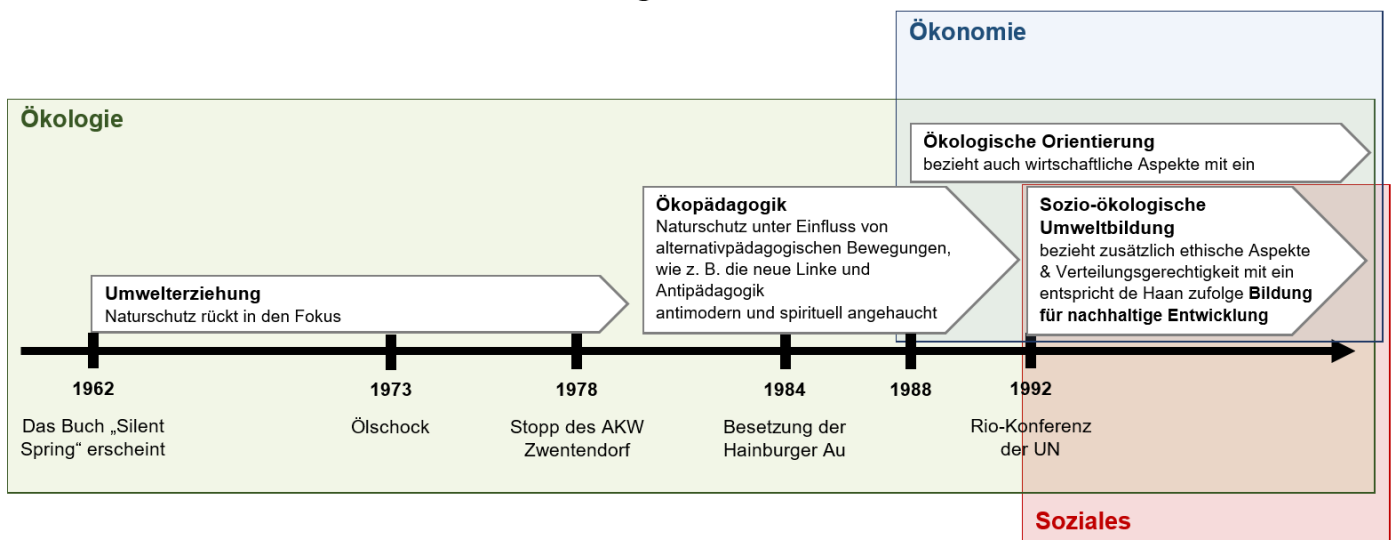


Abb. 3 Entwicklung der Umweltbildung seit den 1960er Jahren

2.3 Die Sustainable Development Goals dienen als Grundlage für Bildung für nachhaltige Entwicklung

Im Gegensatz zu den anderen Bewegungen der Umweltbildung bezieht Bildung für nachhaltige Entwicklung auch soziale und ethische Aspekte mit ein.

Die Vereinten Nationen haben im Jahr 2015 im Rahmen der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ 17 Sustainable Development Goals formuliert, die im Unterricht behandelt werden sollten (Tebich *et al.*, 2016).



Abb. 4 17 Sustainable Development Goals der Agenda 2030, formuliert von den Vereinten Nationen (UN, 2015)

Auf den folgenden Seiten werden die einzelnen Sustainable Development Goals noch genauer vorgestellt, aktuelle Problemfelder beschrieben und die Möglichkeit des Einbezugs in den Chemieunterricht erörtert.

1) Armut in all ihren Formen und überall beenden

Man spricht von extremer Armut, wenn Personen mit weniger als 1,90 US-Dollar pro Tag und pro Kopf auskommen müssen (Tebbich *et al.*, 2016; BPB, 2017). Ziel der UN ist es, die extreme Armut bis 2030 weltweit zu stoppen. Auf Abbildung 5 kann man die Entwicklung der weltweiten Armut seit den 1990er Jahren nach Standorten gegliedert sehen. Dabei ist zu erwähnen, dass das Sinken vor allem durch den Armutsrückgang in Ostasien und dem Pazifikraum stark beeinflusst wird. Auch in Südasien ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen, während sich in subsaharischer Afrika die Armut weiterhin hält bzw. seit 1990 sogar gestiegen ist. Also zusammenfassend kann man sagen, dass der Anteil der Bevölkerung, der unter extremer Armut leidet vor allem in den Ostasiatischen und Pazifischen Entwicklungsländern, wie z. B. China, stark zurückgegangen ist. Auch in Lateinamerika und der Karibik (u. a. Kategorie „sonstige“) konnte ein Rückgang von ca. 14 % beobachtet werden.

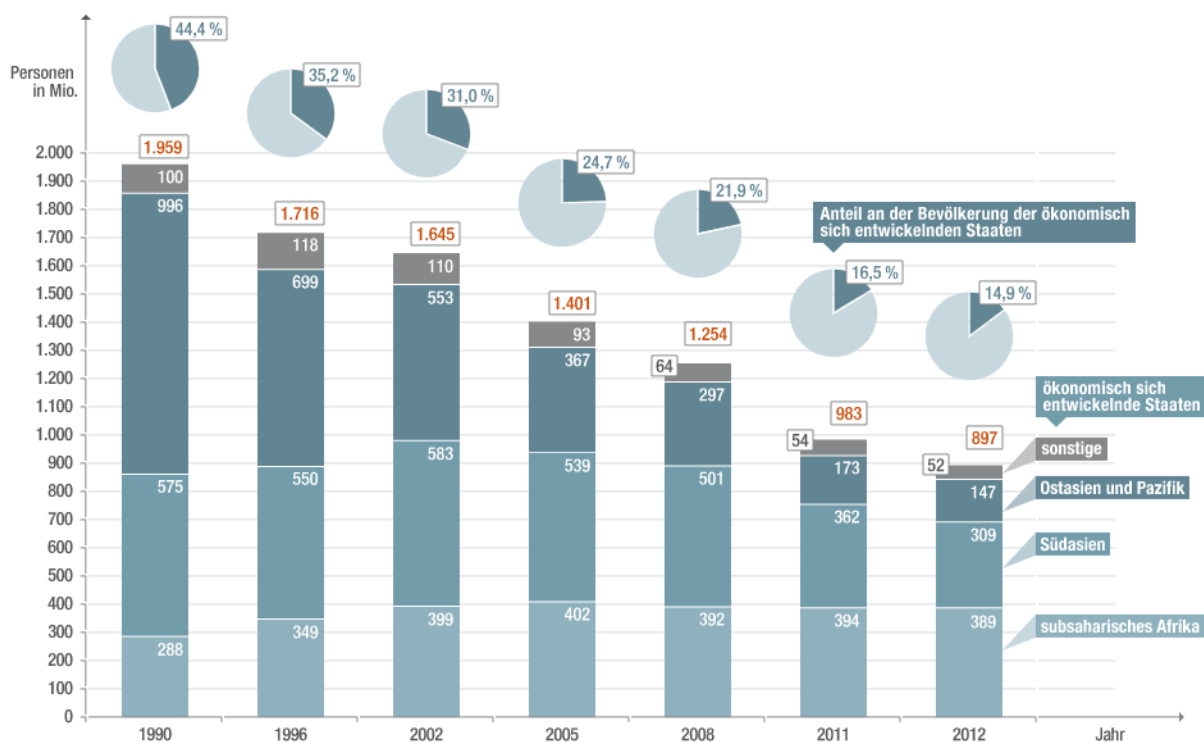


Abb. 5 Anzahl der Personen weltweit, die unter extremer Armut leiden - Verlauf von 1990 bis 2012. (© 2016 The World Bank Group)

Nach Angaben der Weltbank waren 2015 weniger als 10 % der Weltbevölkerung von extremer Armut betroffen (BPB, 2017). Wie sich die Zahlen in den künftigen Jahren, besonders auch infolge der wirtschaftlichen Einbußen aufgrund der Corona-Pandemie, entwickeln, bleibt abzusehen. In einem Zwischenbericht der UN (2019) wird prognostiziert, dass die Armut bis 2030 nicht beseitigt werden kann.

Im Chemieunterricht könnte das Thema Armut aufgegriffen werden, indem man die Zusammenhänge zwischen Rohstoffvorkommen, Industrie und Wirtschaftsleistungen betrachtet. Gerade Länder, die von großer Armut betroffen sind, besitzen meist große Rohstoffvorräte. Eigentlich sollte das ja ein Widerspruch in sich sein. Man könnte im Chemieunterricht die Arbeitsbedingungen und (gesundheitlichen) Risiken, denen die Menschen an den Standorten ausgesetzt sind thematisieren, sowie ein Bewusstsein schaffen, für welche unserer Konsumgüter Menschen wo anders auf der Welt ausgebeutet werden. Als Umsetzungsbeispiel wäre hier die Unterrichtsplanung zum Thema „Goldgewinnung“ (Kapitel 8.1) zu nennen.

2) Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern

Laut UN (2019) zeigt sich, dass im Jahr 2017 bereits 37 Millionen Menschen mehr von Hunger betroffen waren, als 2015.

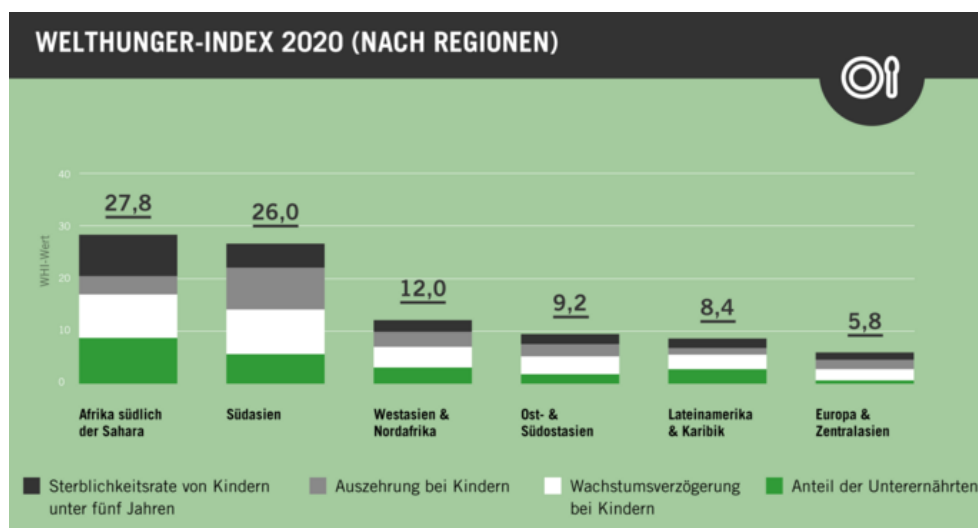


Abb. 6 Welthunger-Index 2020 (© Welthungerhilfe, 2020)

Der Welthunger-Index wird anhand des prozentuellen Anteils der in Abbildung 6 farblich markierten Kategorien berechnet (Sterblichkeitsrate von Kindern < 5 Jahren, Auszehrung und Wachstumsverzögerung bei Kindern, Anteil der Unterernährten). Dabei wird sichtbar, dass vor allem Afrika (Großteil von Afrika Kategorie „Ernst“, Kongo, Südsudan, Zentralafrika, Tschad, Somalia und Madagaskar Kategorie „Sehr Ernst“) und Südasien (vor allem Indien, Pakistan, Myanmar, Kategorie „Ernst“, als auch Syrien und der Jemen, Kategorie „Sehr Ernst“) von starkem Hunger betroffen sind (vgl. Abb. 6) (Welthungerhilfe, 2020).

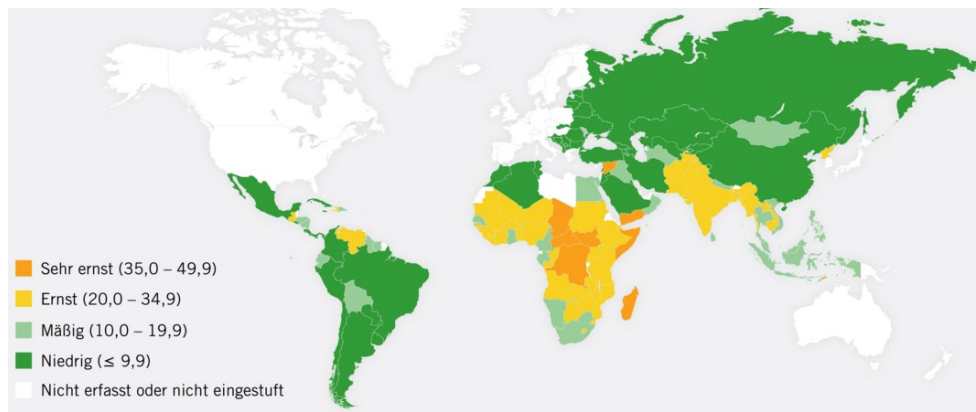


Abb. 7 Landkarte Welthunger-Index 2020 (© Welthungerhilfe, 2020)

Laut Welthungerhilfe (2020) werden die stark betroffenen Länder voraussichtlich bis 2030 nicht einmal niedrige Hungerwerte erzielen. Grund dafür sind Konflikte, Armut, Ungleichheit, Gesundheitskrisen und der Klimawandel. Mit 2020 hat sich die Situation wieder verschlimmert, was u. a. auf die Corona-Pandemie inkl. ihrer wirtschaftlichen Folgen und eine Heuschreckenplage in Teilen Ostafrikas und Südasiens zurückzuführen ist. Prognosen rechnen mit einer Verschlimmerung der Unterernährung bei bis zu 80 Millionen Menschen und möglicherweise zusätzlichen 130 000 toten Kindern infolge von Hunger (ebd.).

Um das Ziel „Zero Hunger“ bis 2030 zu erreichen, müssten laut der Welthungerhilfe die Bereiche Gesundheit, Landwirtschaft und Ernährung in den betroffenen Ländern gerecht und umweltfreundlich gestaltet werden, um dem verstärkten Abbau an fruchtbarem Boden, Biodiversitätsverlust und Ausstoß gesundheits- und umweltschädlicher Treibhausgase entgegenzuwirken. Auch Bildung und somit soziale Absicherung oder zumindest Wissen um die Nutzung vorhandener Ressourcen stellen wichtige Grundbedingungen vor allem für gesellschaftlich schwächere (ländliche Gruppen, Ureinwohner, Randgruppen und Frauen) dar (ebd.).

Gerade bei diesem Thema wäre es interessant zu besprechen, was Pflanzen brauchen, um erfolgreich zu wachsen. Die Schwerpunkte Geochemie und biologische Chemie sowie Lebensmittelchemie würden sich im Rahmen des Unterrichts gut anbieten. Im Konzept „Vitamin A“ wird auch dieser Bereich abgedeckt (Kapitel 8.2.).

3) Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern

Die Sterblichkeit von Kindern unter 5 Jahren sank von 2000 bis 2017 um ca. 47 % (4,4 Millionen), die Masern-Todesfälle sanken im gleichen Zeitraum um 80 % dank der Impfungen. Auch die Zahl der Neuerkrankungen durch das HI-Virus bei 15 – 49-Jährigen ging 2010 bis 2017 in Afrika südlich der Sahara um 37 % zurück (UN, 2019).

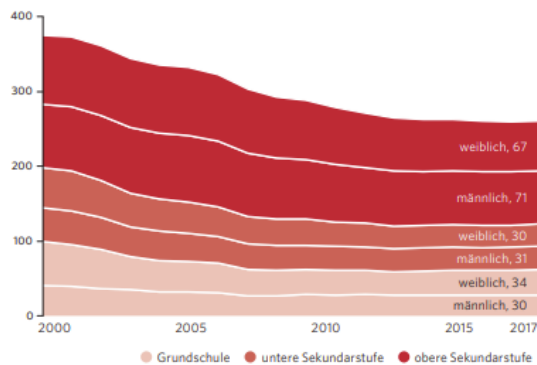
Die angegebenen Zahlen stellen schon große Fortschritte in Hinsicht auf die Förderung der Gesundheit der Weltbevölkerung dar. Es gibt jedoch immer noch altbekannte Krankheiten, wie Malaria oder Tuberkulose, deren Ausrottung ins Stocken geraten ist und zahlreiche neue Krankheiten, die uns wieder vor große Herausforderungen stellen. Gesundheitliche Grundversorgung ist für ca. die Hälfte der Menschen nicht selbstverständlich und manche gesundheitlichen Notfälle sind nach wie vor der Grund, dass sich Menschen in Armut stürzen müssen. Daher wäre es wichtig, die Ausgangsbedingungen stark zu verbessern, also z. B. ein finanzierbares Gesundheitssystem zu etablieren oder Lebensbedingungen zu optimieren bezüglich krankheitsfördernder Umweltfaktoren (weniger Luftverschmutzung, bessere (Trink-) Wasserversorgung,...) (ebd.).

Gesundheitsbezogene Themen werden im Chemieunterricht schon länger behandelt. Gerade diese sind es auch, die laut Holstermann & Bögeholz (2007) auch Mädchen besonders interessieren (vgl. SDG 5) und auch deren Begeisterung für Chemie als Naturwissenschaft wecken oder fördern könnte. In Kapitel 8.2 und 8.3 werden Unterrichtskonzepte vorgestellt, die auch dieses dritte Entwicklungsziel als Schwerpunkt behandeln.

4) Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern

Die Umsetzung dieses Zieles wird von der UNESCO überwacht. Aus dem Weltbildungsbericht 2020 geht hervor, dass Armut nach wie vor die größte Hürde beim Zugang zu qualitativ hochwertiger Bildung darstellt. Außer in den wohlhabenden Staaten der westlichen Welt besuchen nur ca. 18 % der Jugendlichen erfolgreich eine Sekundarschule. Weltweit betrachtet besuchen nach wie vor 17 % der Kinder und Jugendlichen (ca. 258 Mio.) gar keine Schule (UNESCO, 2020), 56 % der Kinder und

Jugendlichen erreichen darüber hinaus nicht die Mindestkompetenz beim Rechnen, 58 % nicht beim Lesen (UN, 2019).



Anmerkung: Die Zahlen neben dem Geschlecht beziehen sich auf die Daten von 2017.

Abb. 8 Weltweite Anzahl der Schulpflichtigen Kinder, die keine Schule besuchen (UN, 2019)

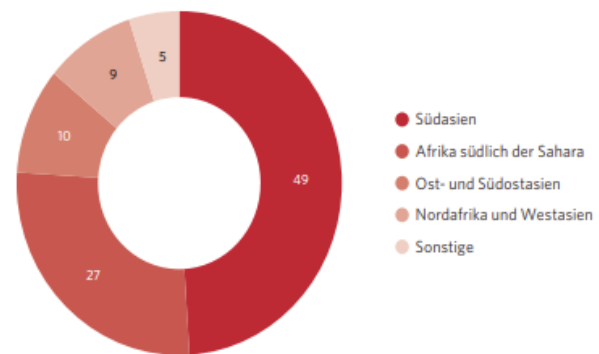


Abb. 9 Anteil der Weltbevölkerung ohne Lese- und Schreibkenntnisse (ab 15 Jahren, Stand 2016, in %) (UN, 2019)

In Abb. 8 fällt auf, dass die Anzahl der Mädchen, die die jeweiligen Schulstufen nicht besuchen jeweils wesentlich höher ist, als die Anzahl der Buben. Von 1995 bis 2018 ist der Anteil von Mädchen, die die Primar- und Sekundarschule besuchen laut Global Education Monitoring Report (UNESCO 2020) schon um 55 % gestiegen. Frühe Schwangerschaften sind jedoch mitunter Grund dafür, dass Mädchen die obere Sekundarstufe nicht abschließen.

Der Anteil an Analphabeten ist, wie auf Abb. 9 zu sehen, in Südasien und Afrika sehr hoch im Vergleich zu den anderen Regionen. Insgesamt gibt es weltweit noch immer 750 Millionen Erwachsene, die weder lesen noch schreiben können, zwei Drittel davon sind Frauen. Haben Mädchen jedoch die Chance, Lesen und Schreiben zu lernen, überholen sie die Buben in ihrem Können großteils (UN, 2019).

Für den Chemieunterricht bedeutet *inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung und die Möglichkeit lebenslangen Lernens zu fördern* einerseits, dass gendergerecht unterrichtet wird, andererseits auch, dass Heterogenität hinsichtlich der sprachlichen und auch körperlichen Fähigkeiten der SchülerInnen berücksichtigt werden müssen. Die am weitesten verbreitete Herausforderung ist momentan vermutlich die der großen sprachlich-kulturellen Unterschiede der Lerngruppen zusätzlich zu den anderen Leistungsdifferenzen der SchülerInnen. Die Sprachsensibilität wird daher auch schon in die ChemielehrerInnenausbildung implementiert. Auch sonderpädagogische Ansätze werden im inklusiven Chemieunterricht bereits teilweise umgesetzt (Hoffmann & Menthe, 2015; Groß, 2020). Um eine angemessene Differenzierung für SchülerInnen mit sonderpädagogischem

Förderbedarf anbieten zu können, muss der Entwicklungsstand jedes Schülers / jeder Schülerin erhoben und passende Maßnahmen gesetzt werden. Der inklusive Chemieunterricht stellt ein wichtiges Forschungsgebiet dar, das noch eher in den Kinderschuhen steckt. Laut Hoffmann & Menthe müssten zuerst einmal die Rahmenbedingungen dafür von den Schulbetreibern geschaffen werden, um den inklusiven Unterricht in einem sinnvollen Maß ermöglichen und dann auch gut qualitativ beforschen zu können (ebd.).

5) Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen

Es hat schon einige Verbesserungen für das Leben von Frauen gegeben in den letzten Jahren: weniger Zwangs-Frühverheiratungen, höhere Frauenquote in politischen und wirtschaftlichen Führungspositionen, mehr Gesetze zur Geschlechtergleichstellung. Nichts desto trotz werden Frauen weltweit nach wie vor benachteiligt – sei es aufgrund der unbezahlten Arbeit für die Familie im Haushalt, beschränkter Rechte im Staat, weniger Entscheidungsautonomie oder auch Benachteiligung hinsichtlich sexueller und reproduktiver Gesundheit (UN, 2019).

Mädchen und Frauen zu Selbstbestimmung zu befähigen, ist ein wichtiges Ziel der Vereinten Nationen. Weniger Zugang zu Bildung, Zwangsheiraten teilweise schon im Kindesalter, psychische und/oder sexuelle Gewalt und verminderte Erwerbstätigkeit aufgrund der Betreuungsaufgaben und Hausarbeit tragen nicht zu einer größeren Autonomie von Frauen bei. Positiv zu verzeichnen ist, dass das Heiratsrisiko seit 2000 für Mädchen im Kindesalter in Südasien um 40 % gesunken ist. In Afrika südlich der Sahara geht die Kinderheirat wesentlich langsamer zurück (ebd.). Trotzdem werden noch ca. 700 Millionen Mädchen unter 18 Jahren zwangsverheiratet, 30 % davon, also ca. 210 Mio. sind noch unter 15 Jahre alt (Tebbich *et al.*, 2016). In Afrika südlich der Sahara, wobei schwerpunktmäßig in 30 Ländern Westafrikas, werden auch noch etwa 30 % der Mädchen zwischen 15 und 19 Jahren Opfer einer Beschneidung, im Jahr 2000 waren es noch um die 50 % (UN, 2019).

Die Gender-Thematik wurde auch von der chemiedidaktischen Forschung bereits näher betrachtet. Laut Lembens & Bartosch (2012) besitzen Mädchen teilweise ein vermindertes Fähigkeitsselbstkonzept in naturwissenschaftlich-technischen Fächern,

im Vergleich zu Jungen. Die bei uns weit verbreitete Vorstellung („cultural belief“), dass Männer später eher in den Bereichen Naturwissenschaft und Technik arbeiten werden als Frauen, lässt auch den Eindruck entstehen, dass Buben von Haus aus begabter in diesen Sparten sind. Unterstützt werden diese Eindrücke dann auch noch von Analogien wie schwach/stark, etc., die Geschlechterrollen reproduzieren und Abbildungen, bei denen Jungen experimentieren und die Mädchen ihnen über die Schulter schauen. Daher ist es wichtig im Chemieunterricht, z. B. während eines fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs, darauf zu achten, dass man ca. gleich oft Mädchen und Jungen einbezieht und Abbildungen wählt, auf denen auch Frauen in einer aktiven, forschenden Position sind.

Eine Studie von Holstermann & Bögeholz (2007) zeigt außerdem, dass Mädchen andere Interessensgebiete in den Naturwissenschaften haben als Jungen. In der Studie wurden u. a. die 10 interessantesten Themengebiete für Jungen und Mädchen erhoben. Die Ergebnisse sehen wie folgt aus:

	Mädchen	Jungen
1	Warum wir beim Schlafen träumen und was die Träume bedeuten könnten	Wie eine Atombombe funktioniert
2	Was wir über Krebs wissen und wie man ihn behandeln kann	Wie sich Schwerelosigkeit im All anfühlt
3	Was wir über HIV/Aids wissen und wie die Verbreitung kontrolliert werden kann	Wie Computer funktionieren
4	Wie man Erste Hilfe leistet und grundlegende medizinische Ausrüstung nutzt	Die neuesten Erfindungen und Entdeckungen in Naturwissenschaft und Technik
5	Wie man trainieren muss, damit der Körper fit und gesund bleibt	Phänomene, die Wissenschaftler noch immer nicht erklären können
6	Wie sich Schwerelosigkeit im All anfühlt	Biologische und chemische Waffen und ihre Auswirkungen auf den Körper
7	Leben und Tod und die menschliche Seele	Explosive Chemikalien
8	Über den menschlichen Körper und seine Funktionen	Erfindungen und Entdeckungen, die die Welt verändert haben
9	Epidemien und Krankheiten, die viele Leben fordern	Schwarze Löcher, Supernovae und andere spektakuläre Phänomene im Weltall
10	Phänomene, die Wissenschaftler noch immer nicht erklären können.	Auswirkungen von starken Elektroschocks und von Blitzen auf den menschlichen Körper

Tabelle 1 Interessensschwerpunkte von Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften (Holstermann & Bögeholz, 2007)

Auch wenn diese Interessensschwerpunkte sehr stark den gängigen Stereotypen entsprechen, kann man sehen, dass sich Mädchen eher für gesundheitliche Schwerpunkte interessieren, während Jungen eher für spektakuläre und gefährliche

Phänomene brennen. Bei den Mädchen sei auch noch angemerkt, dass sich unter den 10 am wenigsten interessanten Themen „Atome und Moleküle“ und „Wie Rohöl zu Materialien wie z. B. Plastik und Textilien verarbeitet wird“ befinden. Diese beiden Themen stellen vor allem in der Unterstufe wichtige Schwerpunkte des Chemieunterrichts dar.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass auch thematisch Rücksicht auf die Interessensgebiete der Mädchen genommen werden könnte, sodass die Chemie als Naturwissenschaft eine größere Bedeutung für junge Frauen bekommt. So können Frauen sich unter anderem ermächtigt fühlen, in (meist besser bezahlte) technisch-naturwissenschaftliche Berufe einzusteigen und somit einen Hauch mehr Geschlechtergleichstellung in Hinblick auf den Gender Pay Gap, der in Österreich 2018 bei 19,9 % und somit um ca. 5 Prozentpunkte über dem EU-Schnitt lag (Eurostat, 2021), erreichen.

6) Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten

Wasser ist eines der kostbarsten Güter überhaupt. Ohne (sauberes) Süßwasser wird den Menschen die Grundlage für Gesundheit und Ernährungssicherung entzogen.

Die Hälfte der Weltbevölkerung hat bereits mindestens 1 Monat pro Jahr mit akuter Wasserknappheit zu kämpfen, viele Flüsse sind stark verschmutzt und 50 – 70 % der natürlichen Feuchtgebiete der Erde trockneten in den letzten 100 Jahren aus oder wurden abgebaut. Der Wasserbedarf steigt jedoch schneller, als die Weltbevölkerung, was zu immer größeren Problemen führt (UN, 2019).

Durch Initiativen der Länder und verschiedener Organisationen wurde die globale Trinkwasser- und Sanitärversorgung von 2000 bis 2017 stark verbessert, wie in Abbildung 10 ersichtlich ist.

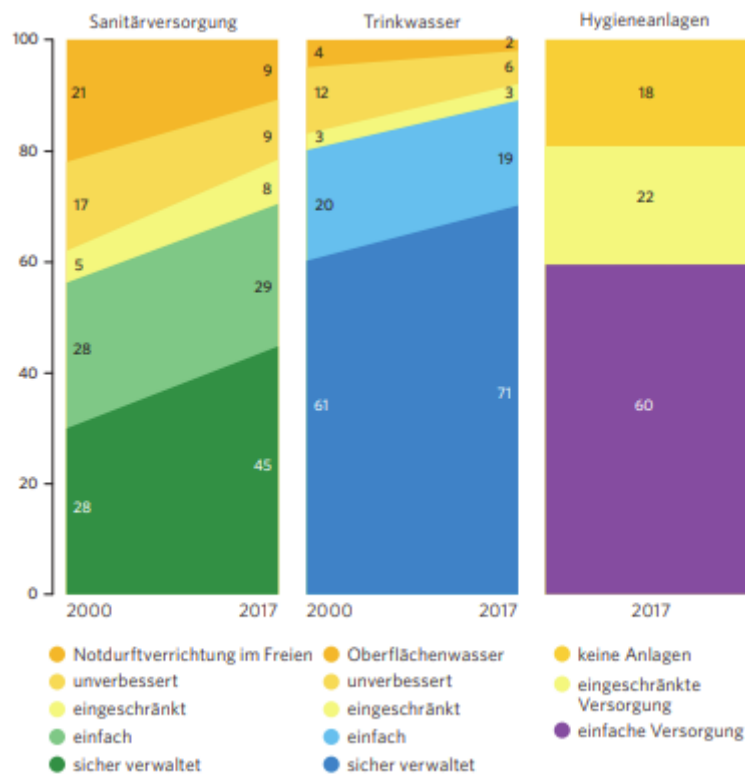


Abb. 10 Globale Trinkwasser- und Sanitärversorgung und Hygieneanlagen - Vergleich zwischen den Jahren 2000 und 2017 in % (UN, 2019)

2017 hatten 60 % der Menschen weltweit bereits eine Möglichkeit, sich in ihrem Zuhause mit Wasser und Seife zu waschen. In wenig entwickelten Ländern traf dies aber nur auf 20 % der Bevölkerung zu (ebd.). Vor allem in der Öffentlichkeit wären Möglichkeiten zum Händewaschen sehr kostbar, da sie die Gefahr der Ansteckung mit Infektionskrankheiten wesentlich vermindern würden.

Ca. ein Drittel der Länder weltweit leidet unter mittlerem bis hohem Wasserstress. Besonders betroffen sind Länder in Nordafrika, Westasien, Zentral- und Südasien. Durch den Klimawandel könnte das bis 2030 bedeuten, dass 700 Millionen Menschen auf der Flucht sind. Um dies zu verhindern müssen wir uns bemühen, unkonventionelle Methoden der Nutzung von Wasserressourcen zu entwickeln und möglichst kostengünstig umzusetzen (ebd.). Hier sind gerade NaturwissenschaftlerInnen gefragt, sich kreative Lösungsansätze zu überlegen.

Wasserverschmutzung ist bereits ein bedeutendes Thema im Chemieunterricht. Umsetzen kann man dieses Thema z. B. anhand von Kläranlagen oder der Wasseranalyse von Trinkwasser oder nahe gelegenen Gewässern hinsichtlich des Nitratgehaltes. Weiters kann man die Verwendung von umweltfreundlichen

Waschmitteln bzw. den vernünftigen Gebrauch von Wasserenthärtern behandeln. Auch verschiedene Methoden der Wasseraufbereitung, deren Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit können im Rahmen des Chemieunterrichts besprochen werden. Auch die Verschmutzung von Gewässern mit Schwermetallen durch Industrie kann thematisiert werden, wie z. B. im Unterrichtskonzept in Kapitel 8.1.

7) Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern

Der Zugang zu Strom ist heute bereits für 89 % der Bevölkerung möglich, wobei der Ausbau in ländliche Regionen Afrikas südlich der Sahara noch etwas hinkt. Dort sind die Menschen noch auf ineffiziente (und somit teure), umweltschädliche Brennstoffe angewiesen (UN, 2019).

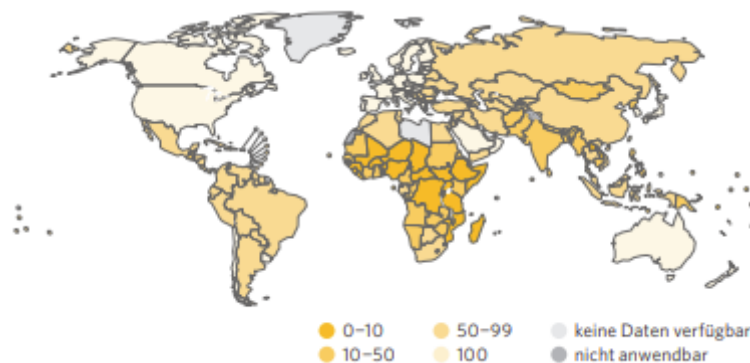


Abb. 11 Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu sauberen Brennstoffen und Technologien zum Kochen in % (Stand 2017) (UN, 2019)

Ca. 3 Milliarden Menschen stehen keine sauberen Brennstoffe und Technologien zum Kochen zur Verfügung. Rund vier Millionen Menschen sterben frühzeitig an Atemwegserkrankungen aufgrund der Luftverschmutzung durch solche Brennstoffe. Wo die Situation am gravierendsten ist, kann man Abb. 11 entnehmen (Tebich *et al.*, 2016; UN, 2019).

Mithilfe von innovativen Ideen, wie z. B. dem Ofen von SEMINA, einem Startup gegründet von StudentInnen der MU Leoben, können solche Probleme bekämpft werden. Er spart im Vergleich zu einer konventionellen Feuerstelle bis zu 60 % Holz, durch die optimale Belüftung wird die Verbrennung optimiert und somit die Menschen vor starkem Rauch in den Behausungen geschützt. Die lokale Bevölkerung lernt, wie man die Öfen selbst fertigt, bekommt kleine Werkstätten zur Verfügung gestellt und somit auch eine zusätzliche Erwerbsmöglichkeit (SEMINA, 2020).

Der Anteil an erneuerbaren Energie steigt stetig u. a. auch mit dem Wohlstand der Länder. Auch eine effizientere Energienutzung steht im Fokus der Umweltpolitik. Vor allem Wind- und Solarenergie erfreuen sich großer Beliebtheit und erlangen immer größere Bedeutung nicht nur bei der Stromproduktion, sondern auch im Verkehrs- und Wärmesektor (UN, 2019).

Im Chemieunterricht könnte man dazu verschiedenste alternative Antriebe, wie z. B. Brennstoffzellen thematisieren, wozu es auch schon didaktisch aufbereitete Unterlagen im Sinne der BnE gibt (Grandrath & Bohrmann-Linde, 2019). Die Funktionsweise und der Aufbau von Photovoltaikanlagen, Batterien und Akkus haben in den Sparten Elektrochemie und physikalischer Chemie ebenfalls einen Platz. In Kapitel 8.3 findet sich u. a. zu diesem SDG ein Unterrichtskonzept.

8) Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern

Wirtschaftswachstum ist die treibende Kraft dafür, dass sich der Lebensstandard für alle auf der Welt verbessert (UN, 2019). Laut Tebbich *et al.* (2016) wird das Wirtschaftswachstum in vielen Ländern auf Kosten der Umwelt oder der Beschäftigten vorangetrieben. So sollen sich die Arbeitsverhältnisse in den letzten Jahren immer stärker verschlechtert haben und auch die Arbeitslosigkeit wächst stetig.

Die UN hat sich als Ziel gesetzt, dass vor allem die wirtschaftlich am schwächsten entwickelten Länder ein Wachstum von zumindest 7 % erzielen sollten. Von 2010 bis 2017 wurde ein jährlicher Zuwachs von durchschnittlich 4,8 % verzeichnet.

Vor allem Nordafrika und Westasien zeichnen sich durch eine recht hohe Arbeitslosenrate von ca. 9,9 % aus, wobei 75% der Arbeitslosen Jugendliche sind und ein Gender-Gap von 8 Prozentpunkten zugunsten der Männer besteht (UN, 2019).

Ein weiteres Problem stellt die Beschäftigung in der sogenannten „Schattenwirtschaft“ dar (ein beschönigender Ausdruck für den Schwarzmarkt), wobei hier die Arbeitsbedingungen aufgrund fehlender Reglements besonders prekär sind (ebd.).

Natürlich steht Wirtschaftswachstum auch mit einem höheren Energieverbrauch in Zusammenhang. Abb. 12 zeigt, dass der Energieverbrauch und teilweise auch damit verbundene CO₂-Emissionen zwar mit dem Bruttoinlandsprodukt (also der Wirtschaftsleistung einer Volkswirtschaft nach Abzug der Vorleistungen) steigen, jedoch ist die Steigung der Energieverbrauchs- und CO₂-Emissionskurven geringer. Das ist prinzipiell recht erfreulich, da es auch bedeutet, dass die Effizienz der Energienutzung mit zunehmendem Wirtschaftswachstum erhöht wird (Wermuth, 2012).

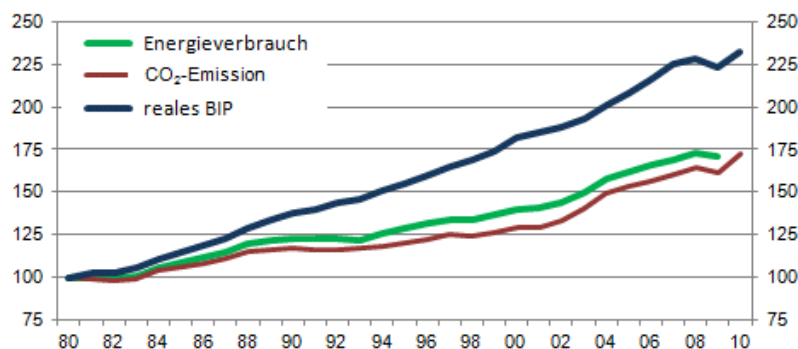


Abb. 12 Entwicklung des Energieverbrauchs, der CO₂-Emissionen und des realen BIP weltweit, Quelle: US Energy Information Administration, IWF

Zu diesem SDG kann man die chemische Industrie behandeln, die in den letzten Jahren z. B. sehr viele qualifizierte ArbeitnehmerInnen gesucht hat. Diese Sparte ist außerdem sehr innovativ. Es werden Verfahren entwickelt und Katalysatoren eingesetzt, um möglichst nachhaltig zu wirtschaften. Einerseits dient das der Kostensenkung bei der Herstellung wichtiger Chemikalien, andererseits werden Emissionen und teils giftige/schädliche Abfallstoffe vermieden oder reduziert.

Es wäre auch wieder möglich, Armut und menschenunwürdige Arbeitsverhältnisse anhand verschiedener Rohstoffe und deren Gewinnung im Chemieunterricht zu thematisieren (vgl. SDG1).

9) Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen

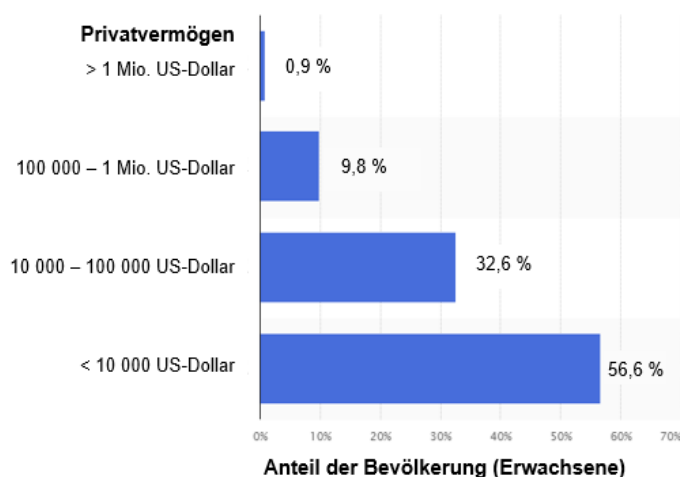
Der Abbau und die Verarbeitung von Rohstoffen ist ein wenig lukratives Geschäft, das momentan in Entwicklungsländern größtenteils unter sehr harschen und teilweise umwelt- und menschenfeindlichen Bedingungen abläuft. Industrialisierung und dadurch die Weiterverarbeitung der Rohstoffe zu Endprodukten könnte die Wertschöpfung innerhalb des Landes und somit die Lebensbedingungen für dessen Bewohner wesentlich verbessern. Es gilt jedoch zu verhindern, dass die Industrialisierung in den

Entwicklungsländern abläuft, wie im 19. Jahrhundert in Europa und Nordamerika: durch Verbrennung von Kohle bzw. Holz. Auch, wenn das die einfachste Variante wäre, würde das dem CO₂-Haushalt der Atmosphäre wesentlichen Schaden zufügen. Dass Entwicklungsländer teurere, aber sauberere und umweltverträglichere Technologien nutzen, muss von den Industriestaaten subventioniert werden (Tebbich *et al.*, 2016).

Auch der Ausbau von Infrastruktur, insbesondere des Mobilfunknetzes und Zugang zu Internet ist anzupeilen. Die Möglichkeit Mobilfunk und Internet zu nutzen, ist jedoch nicht nur vom potentiellen Empfang abhängig, sondern auch stark von den teilweise hohen Kosten, die bei der Nutzung anfallen. So kann sich in den am wenigsten entwickelten Ländern z. B. nur 20 % der Bevölkerung Zugang zum Internet überhaupt leisten. Die restlichen 80 %, also meist arme Menschen, die am Land leben, haben erheblich weniger Möglichkeiten an Wissen und Informationen zu kommen. Gerade sie würden es aber vermutlich am ehesten benötigen (UN, 2019).

Der Aufbau eines robusten Stromnetzes scheint eher für den Physikunterricht spannende Ansätze zu bieten. Jedoch kann man im Fachbereich Chemie z. B. besprechen, welche Werkstoffe sich besonders gut eignen, um Strom/Daten zu transportieren (z. B. Kupfer- und Glasfaserkabel) oder warum eine gute Isolierung nach außen notwendig ist und wie diese aussehen kann. Unter Kapitel 8.3 findet sich ein Unterrichtsbeispiel, das unter anderem dieses SDG behandelt.

10) Die Ungleichheit in und zwischen Ländern verringern



Im Jahr 2019 besaßen laut Credit Suisse 0,9 % der Weltbevölkerung 43,9 % des Vermögens weltweit. 56,6 % der Gesamtbevölkerung auf der Erde besitzen im Gegenzug nur ca. 1,8 % des Vermögens. Eine weitere Verteilung sieht man auf Abb. 13.

Abb. 13 Verteilung der weltweiten Bevölkerung nach Vermögensklassen im Jahr 2019, verändert nach Statistica 2020.

Abbildung 14 zeigt die sehr ungleiche Verteilung des Reichtums zwischen den Ländern der Welt. Die Zahlen in der Legende beziehen sich auf das durchschnittliche Vermögen pro Erwachsenen (Credit Suisse, 2019). Der Unterschied zwischen den alteingesessenen Industriestaaten und den Entwicklungsländern ist überdeutlich.

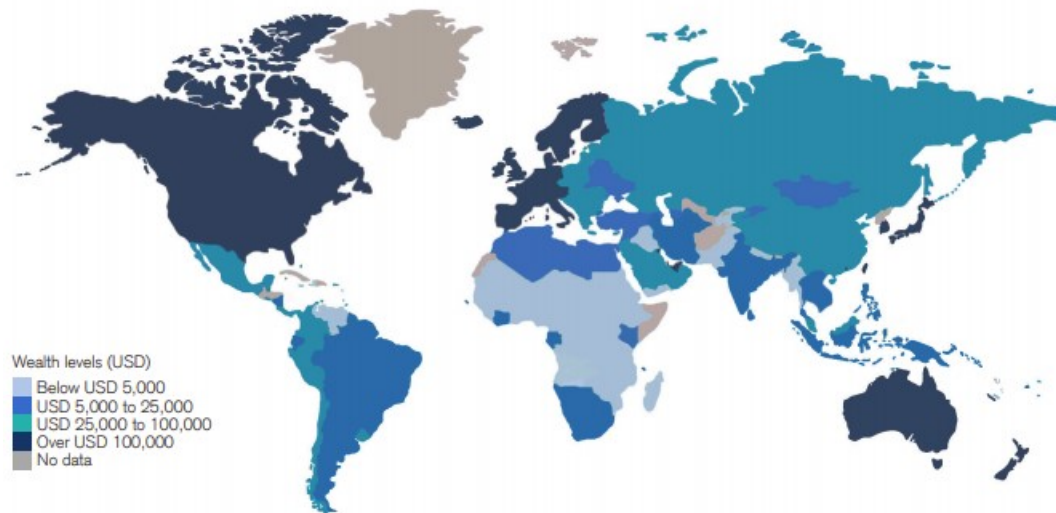


Abb. 14 World wealth map aus dem global wealth report 2019 der Credit Suisse.

Tebbich *et al.* (2016) zufolge geht die Schere zwischen wohlhabenden Ländern und armen Ländern auf Grundlage der Wirtschaftskraft immer weiter auseinander. Sogar in Österreich besaßen 2016 50 % der einkommensschwächsten Haushalte nur 4 % des Gesamtvermögens, während 5 % der reichsten Haushalte 50 % der Vermögens besitzen.

Zur Stärkung der Wirtschaft von Entwicklungsländern wird ihnen Zollfreiheit auf Exporterzeugnisse gewährt, was die Ausfuhr von Produkten aus diesen Ländern in den letzten Jahren etwas ankurbelte. Kleine und mittelgroße Unternehmen profitieren jedoch weniger davon, da der bürokratische Aufwand für Zollbefreiung sehr hoch und relativ teuer ist (UN, 2019).

Im Chemieunterricht könnte man zu diesem Thema die Ursachen der Ungleichverteilung, wie z. B. Ausbeutung ehemaliger Kolonien bezüglich ihrer Rohstoffe thematisieren und auch die heutige Situation unter die Lupe nehmen. Aus geochemischer Sicht könnte man sich anschauen, wie die verschiedenen Rohstoffe überhaupt in die Erde gelangen und warum sie so unterschiedlich verteilt sind. Fächerübergreifendes Arbeiten mit den Geschichte- und Geographieunterricht könnten dabei sinnvoll sein.

11) Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten

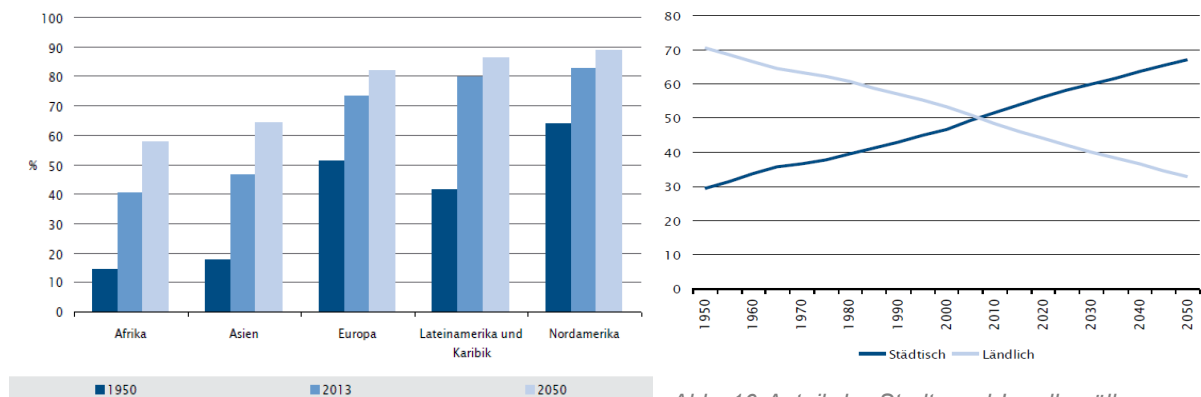


Abb. 15 Entwicklung und Prognose des Urbanisierungsgrades seit 1950 in % (Rösch, 2015).

Abb. 16 Anteil der Stadt- und Landbevölkerung an der Gesamtbevölkerung weltweit in % (Rösch, 2015)

Wie man in den Abbildungen 15 und 16 sehen kann, verschiebt es immer mehr Menschen in Städte. Besonders starkes Wachstum der Stadtbevölkerung kann man in Afrika, Asien und Lateinamerika beobachten.

Laut Tebbich *et al.* (2016) ist der Anteil an armen Menschen in urbanen Gebieten wesentlich niedriger, als am Land. Das ist vermutlich auch der Grund dafür, dass immer mehr Menschen in Städte ziehen – dort gibt es Arbeit.

In Europa und Nordamerika wird die Urbanisierung den Prognosen zufolge nicht mehr so stark voranschreiten. Hier werden ökologische und soziale Aspekte bei der Ausweitung der Stadtgebiete schon wesentlich besser berücksichtigt, als in den schnell wachsenden Städten Afrikas und Asiens (Rösch, 2015). Dort kommt es zur Bildung von Slums. Weltweit leben schon an die 1,033 Milliarden Menschen in Slums, die sich durch schlechte Infrastruktur auszeichnen (vgl. Abb. 17).

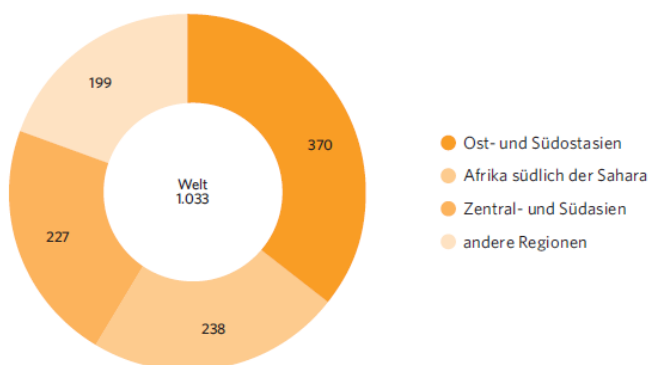


Abb. 17 StadtbewohnerInnen, die 2018 in Slums oder informellen Siedlungen lebten (in Mio.). (UN, 2019)

Vor allem in den Slums kommt es durch die überlastete Infrastruktur und fehlende Grundversorgung zu Problemen in der Abfallentsorgung, Sanitär- und Wasserversorgung. Um die Sicherung von bezahlbarem und menschenwürdigem Wohnen bis 2030 zu finanzieren, muss von politischer Seite noch viel gemacht werden (UN, 2019).

Was menschenwürdiges Wohnen bedeutet und welche Rolle Feinstaubbelastung, Stickoxide, Abgase und bodennahes Ozon vor allem in Städten spielen, kann auch im Fachunterricht thematisiert werden. Darüber hinaus können die gesundheitlichen Auswirkungen von Radikalen und Präventionsmaßnahmen, wie z. B. der IGL-100er besprochen werden. Auch das Management von Abwässern und anderen Abfallstoffen und deren Auswirkungen auf die Gesundheit der Bewohner eignet sich als Thema für den Chemieunterricht.

12) Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen

Konsumieren kann man nicht nur Nahrungsmittel. Alles, was wir kaufen, konsumieren wir und somit müssen wir etwas größer denken, als nur ans Essen. Wobei auch die Verschwendung an Lebensmitteln vor allem in Europa, Nordamerika und im industrialisierten Asien durch den Konsumenten enorm ist. Laut einer Studie der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011) werden in Europa und Nordamerika rund 100 kg Lebensmittel pro Kopf und Jahr vom Endkonsumenten verschwendet. In Afrika südlich der Sahara hingegen sind es nur ca. 6 – 11 kg jährlich pro Kopf. Gründe für die hohe Verschwendung in der westlichen Welt sind u. a., dass die Feldfrüchte hohen optischen Qualitätsstandards entsprechen müssen (unschönes Obst und Gemüse wird nicht verkauft), dass es eine große Auswahl an verschiedensten Waren geben muss (und das auch noch kurz vor Ladenschluss) und dass vieles in Großpackungen verkauft wird und aufgrund schlechter Lagerung beim Endkunden dann verdirbt. Um Verschwendung zu vermindern, muss ein Umdenken in der Bevölkerung der industrialisierten Staaten stattfinden (ebd.).

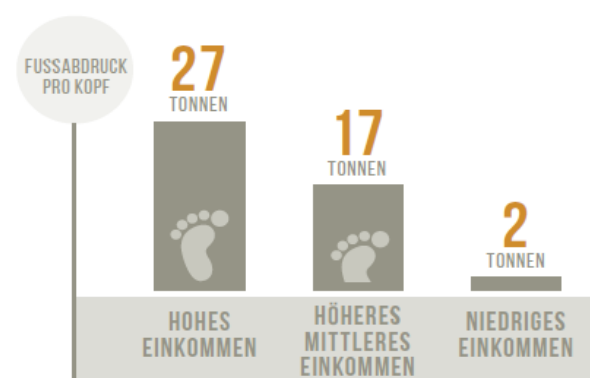


Abb. 18 Material-Fußabdruck pro Kopf (UN, 2019)

Ein Maß, um die Menge der Rohstoffe zu beziffern, die benötigt werden, damit die materiellen Bedürfnisse von Menschen befriedigt werden können, ist der „Material-Fußabdruck“. Weltweit ist der durchschnittliche Rohstoffaufwand pro Kopf vom Jahr 2000 bis 2017 um 50 % gestiegen, von ursprünglich 8,8 t auf 12,2 t/Kopf. Wie schon zu vermuten war, ist der

Material-Fußabdruck in einkommensstarken Ländern wesentlich höher (13 Mal), als in einkommensschwachen, wie man auf Abb. 18 sieht (UN, 2019).

Unter diesen Umständen ist es auch nicht verwunderlich, dass der Earth-Overshoot-Day (also der Tag im Jahr, an dem wir mehr Ressourcen verbrauchen, als in einem Jahr nachwachsen können) jedes Jahr früher ist. 2020 war er bereits am 22. August (Klima ohne Grenzen, 2020).

Zu diesem Schwerpunkt passen die Themen Freisetzung und Auswirkungen von Treibhausgasen, Müllvermeidung und stoffliches und energetisches Recycling, Abbau von Rohstoffen und dessen Auswirkungen auf die Umwelt, Weiterverarbeitung von Rohstoffen und Umgang mit Schadstoffen/Vermeidung der Schadstoffemissionen in die Umwelt. Auch Innovationen in der chemischen Industrie können im Chemieunterricht aufgegriffen werden.

13) Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen



Abb. 19 Daten zum Klimawandel (UN, 2019).

Die Folgen des Klimawandels werden schneller sichtbar, als ursprünglich vermutet wurde und klimabedingte Naturkatastrophen (Hurrikans,...) als auch zunehmend unbewohnbares Land und weniger verfügbares Oberflächenwasser sind die Folgen davon. Um Schlimmeres zu verhindern, muss die Erderwärmung maximal 1,5 °C im Vergleich zum Vorindustriellen Niveau betragen (UN, 2019).

Laut Mesch (2011) gibt es nicht nur in der Frage der Verteilung der Ressourcen auf der Erde Ungerechtigkeiten, sondern auch in der Verteilung der Folgen des Klimawandels. Während Industrienationen mit ihren hohen Treibhausemissionen den Klimawandel hauptsächlich antreiben, müssen vor allem Entwicklungsländer unter den für sie schwereren Folgen leiden, da ihnen die ohnehin schon recht dürftige Lebensgrundlage u. a. durch Dürren und Naturkatastrophen entrissen wird.

Dementsprechend sind Industrieländer die Hauptverantwortlichen, wenn es um Fragen des Klimaschutzes geht. Das deutsche Umweltbundesamt sei der Meinung, dass energiebedingter CO₂-Ausstoß durch den Einsatz von alternativen Energieträgern (z. B. Wasserkraft, Windkraft, Solarkraft und Wasserstoff) vermieden werden können und somit die prozess- und rohstoffbedingten Emissionen gesenkt werden könnten. Dafür seien aber innovative Ansätze und Ideen, neue Anlagen und vor allem der Ausbau von erneuerbarer Energiegewinnung nötig, was natürlich alles mit relativ hohen Kosten verbunden ist (Hildebrandt, 2020).

Auch die Landwirtschaft ist ein großer Emittent von Treibhausgasen, die im Chemieunterricht bereits eine bedeutende Rolle spielen. So findet man z. B. im Lehrplan für Chemie der Sekundarstufe I bereits das Themengebiet „Rohstoffquellen und ihre verantwortungsvolle Nutzung“ mit dem Unterpunkt „Erkennen der Bedeutung chemischer Methoden bei der Minimierung von Schadstoffen“ (RIS, 2020). In der Landwirtschaft spielen Methan (durch Viehhaltung) und Lachgas (durch Denitrifikation von Stickstoffdüngern) eine größere Rolle (ebd.). Auch wenn diese Treibhausgase einen mengenmäßig viel geringeren Anteil ausmachen, sind sie jedoch wesentlich potenter als das CO₂ (CH₄ ist 25 Mal so wirksam wie CO₂, N₂O sogar 298 mal lt. Umweltbundesamt (2020)). Durch Reduktion des Fleischkonsums und weniger Düngung könnte das Entstehen dieser Treibhausgase verringert werden (Hildebrandt, 2020). Auch Schadstoffe durch den Verkehr und Industrie, wie NO_x und SO₂ und deren Minimierung durch Geschwindigkeitsbeschränkungen, Katalysatoren und Abgasfilter können im Chemieunterricht behandelt werden.

14) Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen

Ca. 71 % der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt und somit sind aquatische Lebensräume die größten Ökosysteme der Welt. Sie bilden eine Grundlage für unseren Wasserkreislauf und die Nahrungskette, und regulieren das Weltklima. Trotz ihrer hohen Wichtigkeit für die Erde und die Menschen werden Gewässer oft stiefmütterlich behandelt.

Wassersauberkeit in 220 Küstenregionen auf einer Skala von 0 (stark verschmutzt) bis 100 (sauber)

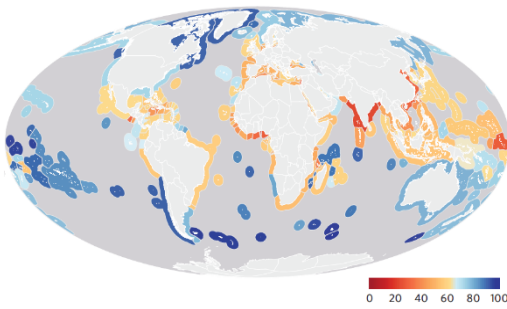


Abb. 20 Wassersauberkeit in Küstenregionen weltweit (UN, 2019)

Durch die zunehmende Verschmutzung der Meere mit nährstoffreichen Abwässern und Müll werden vor allem die Ökosysteme in Küstenregionen in Mitleidenschaft gezogen (vgl. Abb. 20).

Die schlechte Wasserqualität hat schwerwiegende Folgen für die Meeresbewohner. Ein besonders bekanntes Beispiel stellt das Korallensterben dar (UN, 2019).

Ein weiteres Problem ist die Versauerung der Meere. Durch die große Oberfläche löst sich in den Weltmeeren ca. ein Drittel des Kohlendioxids aus der Luft und bildet Kohlensäure. Aufgrund des steigenden CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre ist der pH-Wert der Ozeane bisher um 0,1 gesunken (von ca. 8 auf ca. 7,9). Das hört sich zwar nicht nach viel an, bedeutet aber, dass sich im Wasser um 26 % mehr Oxoniumionen (H_3O^+) befinden, als vorher. Dies stellt vor allem für Meeresorganismen ein Problem dar, die Kalkschalen bilden, da aufgrund des verschobenen Gleichgewichts weniger Carbonationen biologisch verfügbar sind (Kerber, 2018).

Die Übersäuerung der Meere wirkt sich nicht nur auf Muscheln, Schnecken, Korallen und andere Kalkschalen bildende Lebewesen aus, sondern bewirkt laut Dixon (2019) auch eine Verhaltensänderung von Fischen. Unter anderem leiden manche Arten von Anemonenfische unter einem gestörten Geruchssinn, der sie so nicht mehr vor Räubern schützt. Auch Haie und Krebse zeigen ein anderes Verhalten, wenn sie Beutetieren oder Räubern ausgesetzt sind (ebd.).

Saure und basische Lösungen und deren Reaktionen sind ein wichtiger Teilbereich des Chemieunterrichts (RIS, 2020). Man kann das zuvor vorgestellte Thema beispielsweise zur Anwendung des neu erlernten Wissens im Sinne eines problemorientierten Ansatzes im Unterricht besprechen. Hier würden sich auch Experimente anbieten, bei denen man untersucht, wie sich der pH-Wert auf Kalkschalen, z. B. von Eiern, auswirkt.

15) Landökosysteme schützen, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen

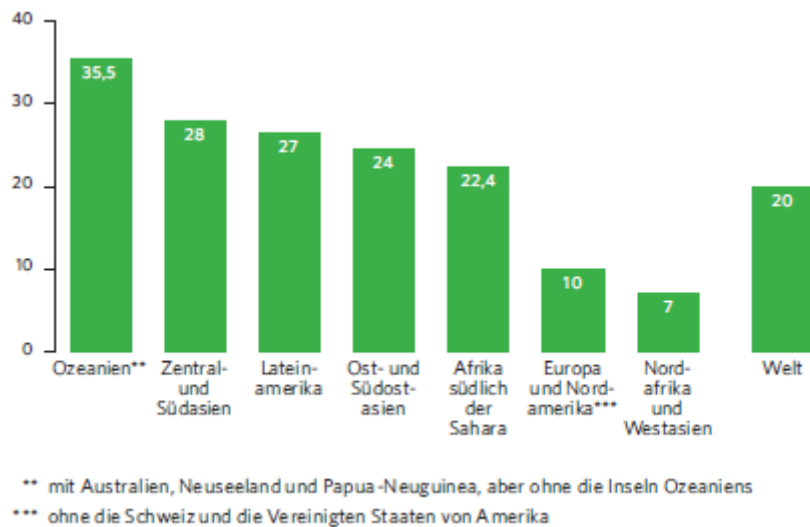


Abb. 21 Anteil der verödeten Landflächen von 2000 bis 2015 (in Prozent) lt. UN, 2019

Nicht nur aquatische Lebewesen haben mit Lebensraumverlust und immer härteren Bedingungen zu kämpfen, auch an Land stehen viele Ökosysteme unter starkem Druck.

Laut UN (2019) sind ca. 20 % der Landfläche der Erde von Desertifikation, also zunehmender Wüstenbildung, betroffen. Die Rodung von Wäldern und unsachgemäße Bewirtschaftung von Böden führen dazu, dass der humosen Schicht Nährstoffe entzogen werden und dadurch ein neuerlicher Bewuchs mit der natürlich vorkommenden Flora schwierig wird. Ein brach liegender, unbedeckter Boden trocknet schnell aus und bietet in Folge noch schlechtere Bedingungen für das Pflanzenwachstum. Einen weiteren Faktor für zunehmende Wüstenbildung bildet der Klimawandel, welcher mit höheren Temperaturen und weniger Niederschlägen zusätzlich dazu beiträgt. In Südamerika, Zentral- und Ostasien, sowie Zentral- und Ostafrika sind bereits zwischen 22,4 % und 35,5 % der Böden verödet (vgl. Abb. 21), was Auswirkungen auf die Lebensqualität von etwa einer Milliarde Menschen (immerhin ca. 1/8 der Weltbevölkerung!) hat (ebd.).

Diese Faktoren belasten auch die Tier- und Pflanzenwelt, was sich im immer schnelleren Artenschwund abzeichnet (ebd.), da der bewohnbare Lebensraum immer kleiner wird. Wenn Arten verschwinden, hat das immer Auswirkungen auf das Ökosystem, in dem sie beheimatet waren. Um dem entgegenzusteuern, werden weltweit Schutzgebiete errichtet, die die Sicherung von natürlichen Ressourcen langfristig gewähren sollen.

Chemische Erosion ist eine der Arten, wie Boden degradiert werden kann. Auch unpassende pH-Werte können die Löslichkeit wichtiger Mineral- und Nährstoffe im Boden beeinflussen und somit unfruchtbare Böden bedingen. Es würde sich also im Chemieunterricht anbieten, dieses Thema als Einbettung für Löslichkeitsgleichgewichte oder Komplexbildung heranzuziehen.

16) Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen

Laut dem aktuellen SDG-Bericht der UN (2019) waren im Jahr 2018 mit über 70 Millionen die meisten Menschen auf der Flucht seit dem zweiten Weltkrieg. Gerade Flüchtlinge sind sehr vulnerabel gegenüber Gewalt jeglicher Art: Missbrauch, Menschenhandel, Entmündigung, usw. . Von 2010 bis 2016 stieg die Anzahl an Opfern von Menschenhandel um ca. zwei Drittel. Rund 70 % der Opfer 2016 waren weiblich, ein knappes Drittel davon minderjährig. Die Art der Ausbeutung unterscheidet sich auch nach Geschlecht: 83 % der weiblichen Opfer wurden sexuell ausgebeutet, 82 % der männlichen Opfer zu Zwangsarbeit verpflichtet (ebd.).

Die Menschen, die sich für die Grundrechte anderer einsetzen, sind einer besonders großen Gefahr um Leib und Leben ausgesetzt. Allein von Jänner bis Oktober 2018 wurden knapp 400 engagierte Personen getötet, die für Freiheit und Gleichheit kämpften (ebd.).

Hier sind die Staaten in der Pflicht, diese Personengruppen zu schützen und auch ganz allgemein die Einhaltung der Menschenrechte zu überwachen und durchzusetzen. Diese Aufgabe übernehmen nationale Menschenrechtsinstitutionen (NMRI), wobei es solche (im Sinne der Pariser Grundsätze, die die Rahmenbedingungen für NMRI 1993 festlegten) nur in 39 % der Länder weltweit gibt (ebd.).

Wie auch unter Punkt 2.5.1 (Allgemeiner Lehrplan) näher ausgeführt wird, kann Chemieunterricht, so wie jeder andere Fachunterricht, einen wichtigen Beitrag für die Selbst- und Sozialkompetenz von SchülerInnen beitragen. Er kann zum Abbau von Stereotypen führen und auf fachlicher Ebene die Entscheidungsfähigkeit und somit die

Mündigkeit der SchülerInnen fördern, damit sie nicht so anfällig für Verschwörungstheorien, unwissenschaftliche Aussagen und Radikalisierungen werden, was wiederum einer friedlicheren und inklusiveren Gesellschaft zuträglich ist.

17) Umsetzungsmittel stärken und die Globale Partnerschaft mit Leben füllen

Um die Ziele für nachhaltige Entwicklung speziell in den Entwicklungsländern umsetzen zu können, müssen die Industriestaaten diese unterstützen. Leider lassen sich Trends beobachten, nach denen Humanitäre Hilfe seit 2015 sinkt. Der versprochene Ausbau der Entwicklungshilfe durch die Industriestaaten wurde nicht eingehalten und somit wird auch die Umsetzung der globalen Nachhaltigkeitsziele verlangsamt (UN, 2019).

Im Zuge der momentanen Corona-Pandemie und der damit verbundenen weltweiten Wirtschaftsschwächung wird sich dies vermutlich auch nicht so schnell verbessern.

Man kann anhand der bisherigen Ausführungen sehen, dass sich zu fast jedem der siebzehn Sustainable Development Goals ein sinnvoller und authentischer Bezug im Chemieunterricht herstellen lässt! Das kann vor allem dann gut gelingen, wenn man einen kreativ gestalteten, problemorientierten Unterricht anstrebt, der auch Vorteile hinsichtlich der Motivation und des Interesses von SchülerInnen an der Chemie haben kann (vgl. z. B. Groß, 2019). Näheres dazu folgt in Kapitel 2.7.

Kategorisierung der Sustainable Development Goals

Mit Blick auf das Ziel der vorliegenden Arbeit, herauszufinden, welche Themenbereiche in der Praxis auch schon umgesetzt werden, erfolgt eine Zusammenfassung der SDGs in Kategorien. Das dient vor allem der Vereinfachung und Übersichtlichkeit in der späteren Erhebung.

Kategorie	SDGs
Umgang mit Ressourcen	Nachhaltiger Konsum und Produktion
Friedensarbeit und Bildung	Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen Hochwertige Bildung
Humanitäre Hilfe und Entwicklungspolitik	Kein Hunger Keine Armut Gesundheit und Wohlergehen
Energiewirtschaftliche Aspekte	Bezahlbare und saubere Energie
Entwicklungen in urbanen und ländlichen Lebensräumen für Menschen	Industrie, Innovation und Infrastruktur Nachhaltige Städte und Gemeinden
Umweltschutz + Umweltpolitische Aspekte	Leben an Land Leben unter Wasser Gesundheit und Wohlergehen
Wirtschaftswachstum und Schaffung/Sicherung menschenwürdiger Arbeitsplätze	Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
Soziale und gesellschaftliche Themen wie Gleichberechtigung und Gender	Weniger Ungleichheiten Geschlechtergleichheit

Tabelle 2 Kategorisierung der Sustainable Development Goals

Bisher wurden die Sustainable Development Goals und Bildung für nachhaltige Entwicklung nur auf theoretischer Ebene vorgestellt. Die folgenden Kapitel behandeln die bisherige praktische Umsetzung dieser Themen in der Schule und bieten auch Reflexionsmöglichkeiten für den eigenen Unterricht an.

2.4 Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung in Österreich

Schon im Kindergarten bzw. im vorschulischen Bereich werden die Kinder mit verschiedenen Werthaltungen konfrontiert. Sie lernen, wie sie sich im sozialen Gefüge zurechtfinden und auch erste Werte in Bezug auf die Umwelt und Natur kennen. Das bildet den Grundstein für weitere Lernprozesse im Sinne der BnE. In der Primarstufe sollen diese Kompetenzen erweitert werden.

In der Sekundarstufe sollen Themen interdisziplinär sowohl auf sozialer, ökologischer und ökonomischer Ebene behandelt werden, wobei fächerübergreifende Abstimmungen sehr wichtig sind. Durch Zusammenarbeit mit verschiedenen Nicht-Schulischen Kooperationspartnern werden die Themen für die SchülerInnen greifbarer, wodurch solche Kooperationen als erstrebenswert gelten (Österreichisches Dekadenbüro BnE, 2008). Für den Chemieunterricht könnte das bedeuten, dass Exkursionen z. B. zu Laboratorien gemacht werden, um Hands-On-Experience zu sammeln oder Betriebe besucht werden, wie z. B. die Voestalpine, Borealis, Glasproduktionen, Recyclingfirmen,...

Auch in der Berufsbildung kann BnE integriert werden, indem Problemstellungen zu den Themen Umwelt oder Soziales aus der Schule mit dem wirtschaftlichen Kontext des Unternehmens in Verbindung gebracht werden kann, in dem die Berufspraxis ausgeübt wird (ebd.).

Lehrpersonen sind die Hauptverantwortlichen für Bildung für nachhaltige Entwicklung. Sie sind laut der österreichischen Strategie für BnE (ebd.) dazu angehalten, BnE nicht als zusätzliche Themen in den Unterricht zu integrieren, sondern sich neue methodische und didaktische Strategien zu überlegen, wie sie die Themen in den bestehenden Unterricht einbauen können. Wie so etwas in der unterrichtspraktischen Umsetzung gelingen kann, wird in Kapitel 8 anhand dreier Beispiele exemplarisch gezeigt.

Als Koordinationsstelle zwischen den Lehrenden, den ExpertInnen und den staatlichen Institutionen wurde das Dekadenbüro (Austrian Agency for Education for Sustainable Development) eingerichtet. Es ist unter anderem für die Unterstützung der Lehrenden, Weiterentwicklung und Monitoring des Bildungskonzeptes, und die Öffentlichkeitsarbeit verantwortlich.

Die Allianz Bildung für nachhaltige Entwicklung ist ein Netzwerk aus Schulen, Gebietskörperschaften, Interessensvertretungen und Nichtregierungs-organisationen. Ihre Ziele liegen in der kritischen Reflexion der Bildungsinhalte, im Ideenaustausch, in der Qualitätskontrolle und in der Zusammenarbeit mit Sponsoren und der Bildung von Partnerschaften (ebd.).

Die Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung soll laut dem Strategiepapier (ebd.) auch überwacht werden. Dafür sollten Indikatoren u. a. für die Integration von BnE in die Ausbildung in Pädagogischen Hochschulen, Weiterbildungsprogramme für Lehrpersonen, nationale Lehrpläne und Studienprogramme, Lehrbücher und Unterrichtsmaterialien erhoben werden. Preise und Awards für Schulen dienen als Anreiz zur Umsetzung von BnE.

Resümee der Bildungsdekade 2014

Das FORUM Umweltbildung wurde beauftragt, den nationalen UNECE-Bericht (UNECE = Europäische Wirtschaftskommission) zu erstellen. Laut diesem zeigt sich ein positives Bild von BnE in Österreich im formalen Bildungsbereich, ein Zugang zu BnE-Prozessen konnte in Schulen und Universitäten verwirklicht werden und somit befindet sich Österreich bei den schulischen BnE-Netzwerkaktivitäten im Spitzenfeld im Vergleich zu anderen EU-Staaten. Der Begriff „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ wird selten genutzt, die Konzepte sind im Bildungsbereich jedoch schon verankert. Verbesserungswürdig wäre die Implementierung von BnE im non-formalen und informellen Bildungsbereich, wie z. B. bei Jugendorganisationen (FORUM Umweltbildung, 2015).

Im Bereich der LehrerInnenbildung steht Österreich durch verschiedene Initiativen und Zusammenarbeit der pädagogischen Hochschulen mit Netzwerken zur Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung sogar als Vorreiter da. Erwähnenswert ist jedoch, dass diese Angebote auf freiwilliger Basis konzipiert sind. Für die Sammlung und Verbreitung von Unterrichtsmaterialien, die BnE-Themen ansprechen, sind vor allem das FORUM Umweltbildung und das Zentrum polis hervorzuheben, die diese Aufgabe übernommen haben (ebd.).

Dieses Resümee differenziert weder zwischen den einzelnen Unterrichtsfächern noch bezieht es sich ausschließlich auf die Umsetzung in Schulen, sondern behandelt die Gesamtumsetzung auf nationaler Ebene. Studien aus Deutschland (Eilks, 2017; Burmeister *et al.*, 2012) und Finnland (Juntunen & Aksela, 2014) zeigen, dass BnE im eigentlichen Sinne im Chemieunterricht noch nicht wirklich implementiert wird (vgl. auch Kapitel 2.8).

2.5 Verankerung im Lehrplan

Für die folgende Analyse des Lehrplanes der AHS Unter- und Oberstufe wurde die tagesaktuelle Fassung (03.11.2020) vom Rechtsinformationssystem der Republik Österreich herangezogen (RIS, 2020). Die Lehrinhalte der NMS und BHS sind in den Kernthemen ähnlich, spezifische Schwerpunkte können natürlich abweichen.

2.5.1 Allgemeiner Lehrplan

In fast jedem Absatz des allgemeinen Lehrplanes finden sich die Sustainable Development Goals wieder. Schon in den Leitvorstellungen werden rasche gesellschaftliche Veränderungen in allen Zweigen der Nachhaltigkeit (soziale, ökologische & ökonomische) thematisiert. Es wird hier sogar verstärkt auf soziale Schwerpunkte wie **Gerechtigkeit**, **Zusammenhalt**, **Gleichstellung**, **Weltoffenheit** und **Diskursfähigkeit** eingegangen. Um das zu erreichen, sollen **fachbezogene Sachkompetenz** sowie **Selbst-** und **Sozialkompetenz** entwickelt werden. Der Unterricht soll die **Partizipation aller SchülerInnen ermöglichen**, **interkulturelles Lernen**, **Selbsttätigkeit** und **eigenverantwortliches Denken** soll gefördert werden. Die Problemstellungen sollen dabei einen Bezug zur Lebenswelt der SchülerInnen haben (ebd.). Wenn diese Kriterien alle erfüllt werden, trägt allein das schon zur Erfüllung von den folgenden drei Nachhaltigkeitszielen bei:



Selbst- und Sozialkompetenz sind in der Gewaltprävention sehr wichtig, da ein geringes Fähigkeitsselbstkonzept und Mangel an sozialer Kompetenz zu den persönlichen Faktoren gehören, die als Ursachen von Gewalt eine Rolle spielen (Kessler & Strohmeier, 2009). Gewaltaffine Jugendliche und Jugendliche mit wenig

Selbstsicherheit sind stärker gefährdet, sich ihre Bestätigung von extremistischen Gruppen zu holen und so Radikalisierungsprozesse zu durchlaufen (Fabris, 2019). Dementsprechend sind diese Soft Skills wichtig zur Vermeidung demokratiegefährdender Praktiken und somit für die Wahrung von Frieden und starken demokratischen Institutionen (SDG 16). Um eine gute Selbstkompetenz entwickeln zu können, schlägt Anton (2018) das Euphorie-Modell vor. Demnach soll jede/r SchülerIn die Möglichkeit haben, Erfolgserlebnisse im Unterricht zu machen und somit Bestätigung für ein zunehmend positives Selbstkonzept zu sammeln. Guter Chemieunterricht sei demnach, „wenn die Schüler [sic!] durchgängig zahlreiche und unterschiedliche Gelegenheiten für Erfolgserlebnisse erhalten“ (Anton, 2018). Das kann gerade im Fach Chemie durch das Gelingen von Experimenten oder das plötzliche Zusammenfügen vorher absolut unverständlicher Informationen zu einem großen Ganzen passieren (z. B. wenn SchülerInnen plötzlich das Periodensystem so weit verstanden haben, dass sie komplexere chemische Aufgabenstellungen damit bewältigen können).

2.5.2 Lehrplan für Chemie

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die bereits vorgestellten Themenfelder der SDGs konkret mit dem Lehrplan für Chemie (SEK I und SEK II) verknüpft werden kann.

Unterstufe / Sekundarstufe I

Aufgabe des Chemieunterrichtes ist...

... „die gesellschaftliche Erziehung im Bereich von Natur und Materie“



... „die SchülerInnen in die Lage zu versetzen, die volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung von Chemie und Technik altersgemäß einzuschätzen [...]“



... „[...] das Bewusstsein für Eigenverantwortung im beruflichen und privaten Bereich fördern und zu mündigem Freizeit- und Konsumverhalten führen“ (RIS, 2020).



Als Beitrag zu den Aufgabenbereichen der Schule wird unter anderem genannt:

„Bedeutung der Naturwissenschaften für den Lauf der Geschichte und die gesellschaftlichen Bedingungen, Verknüpfung der Begriffe Wirtschaft – Technik – Wertung – Verantwortung – Ethik.“ (ebd.)

* Die Piktogramme sind der Übersicht entnommen (vgl. Abb. 4)

Oberstufe / Sekundarstufe II

Aufgrund der höheren Anzahl an Chemiestunden in der SEK II und des dadurch höheren Fachwissens der SchülerInnen in Chemie und auch in anderen Fächern, sollten in der Oberstufe bereits mehr SDGs thematisiert werden können. In der Sekundarstufe ist die Sensibilisierung für politische Themen und erhöhte Medienkompetenz darüber hinaus deshalb wichtig, weil die SchülerInnen bereits wahlberechtigt sind und somit wichtige demokratische Entscheidungen mittragen.

Bildungs- und Lehraufgabe

„Ziel ist der Einblick in die Vielgestaltigkeit und Omnipräsenz chemischer Prozesse: [...], sondern stoffliche Veränderungen als materielle und energetische Grundlage des Lebens und der Zivilisation erkennbar machen und auch Verständnis für die europäische und globale Bedeutung der chemischen Industrie schaffen.“



„[...] Verantwortungsbewusstsein und Kritikfähigkeit gegenüber Ge- und Missbrauch wissenschaftlicher Erkenntnisse sollen die Teilhabe an wesentlichen gesellschaftlichen Entscheidungen ermöglichen.“ (RIS, 2020)

Die Mündigkeit der SchülerInnen führt dazu, dass sie an demokratischen Entscheidungsprozessen teilhaben können. Auch der angemessene Umgang mit wissenschaftlichen Erkenntnissen trägt dazu bei, ethisch/moralisch vertretbare Entscheidungen zu treffen.



Bildungsbereich Mensch und Gesellschaft

„Verantwortung für den nachhaltigen Umgang mit materiellen und energetischen Ressourcen über Grenzen hinweg; Berücksichtigung ethischer Maßstäbe in der gesellschaftsrelevanten Umsetzung chemischer Erkenntnisse.“ (ebd.)



* Die Piktogramme sind der Übersicht entnommen (vgl. Abb. 4)

Didaktische Grundsätze

- „Situierst und an Hand authentischer Probleme lernen“
- „In vielfältigen Kontexten lernen“
- „Unter multiplen Perspektiven lernen“ (ebd.)

Bildung für nachhaltige Entwicklung eignet sich hervorragend, um diese didaktischen Grundlagen zu erfüllen. Man nimmt authentische Probleme (also Probleme, die es wirklich auf der Welt gibt) und betrachtet sie aus ökologischen, ökonomischen und sozialen Perspektiven im Kontext der Chemie. Wird dasselbe Thema in verschiedenen Fächern so behandelt, kann in vielfältigen Kontexten gelernt werden.

Kompetenzen

„Konkurrierende Interpretationsmöglichkeiten gegeneinander abwägen und auf dieser Basis Entscheidungen treffen“

„Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen sowie Schlussfolgerungen kritisch hinterfragen und Gründe für deren Annahme oder Verwerfung angeben“

„Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für sich persönlich und für die Gesellschaft einschätzen“

„Entscheidungen in gesellschaftlich relevanten Fragen aus naturwissenschaftlicher Sicht begründen und bewerten“ (ebd.)

All diese genannten Punkte können erfolgreich als Bildung für nachhaltige Entwicklung umgesetzt werden. Hier wird auch immer ausdrücklich auf alle drei Säulen der Nachhaltigkeit Bezug genommen – ökologische, soziale und ökonomische Aspekte! Inhaltlich ist BnE also im Lehrplan vorhanden, der Name wird jedoch nie genannt. Ganz anders sieht das z. B. im Geographie und Wirtschaftskunde Curriculum aus, hier wird BnE zumindest in der Oberstufe in den Didaktischen Grundsätzen eindeutig benannt. Auch in Biologie und Umweltkunde kommt es als Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung vor, was die beiden anderen Säulen wieder etwas außen vor lässt. Diese wären jedoch auch in Biologie und Umweltkunde nicht fehl am Platz und sollten auf jeden Fall ebenfalls integriert werden.

Da Bildung für nachhaltige Entwicklung im Lehrplan zumindest implizit eingebettet ist, werden im nächsten Schritt die Schulbücher analysiert. Die Schulbücher bilden meist den Lehrplan ganz gut ab, weshalb sich Lehrpersonen oft eher an die Bücher halten (Juntunen & Aksela, 2014) als jedes Mal auf den sehr umfangreichen Lehrplan zurückzugreifen.

2.6 Thematisierung in Schulbüchern

Es gibt sehr viele unterschiedliche Schulbücher für das Fach Chemie. Die Auswahl ist aufgrund der Zugänglichkeit getroffen worden, nicht aufgrund persönlicher Präferenzen. Der öbv-Verlag stellt z. B. seine Bücher online zum Durchblättern (Nur zu Prüfzwecken – Eigentum des Verlags öbv) zur Verfügung, was für die Auswertung von Vorteil ist.

2.6.1 Unterstufe

Als Beispielsbücher für die 4. Klasse Unterstufe (AHS und Mittelschule) wurden folgende Bücher gewählt:

- Von der Chemie 4 (Albrecht *et al.*, 1999)
- Treffpunkt Chemie, 3. Auflage (Frühauf & Tegen, 2007)
- MEHRfach Chemie – Wissen und Verstehen, 3. Auflage (Kechajas & Voitic, 2018)
- Impuls Chemie 4 (Gruber-Kalteis *et al.*, 2016)
- Chemie verstehen 4 (Kaufmann *et al.*, 2020)
- Stoffe (Magyar *et al.*, 2014)

Die folgende Tabelle soll übersichtlich darstellen, welche Themen in den Schulbüchern behandelt werden.

Themen	Von der Chemie 4	MEHRfach Chemie	Treffpunkt Chemie	Stoffe	Impuls Chemie 4	Chemie verstehen 4
Luftverschmutzung (SO ₂ , NO _x , FCKW) (SDG 15)	X	X	X	X	X	X
CO ₂ & Treibhauseffekt (SDG 13)	X	X			X	X
Rauchgasreinigung (SDG 15)				X		
Wasser als Ressource (SDG 6)		X	X		X	X
Wasserverschmutzung (SDG 6)		X	X	X		X
Papierherstellung (SDG 6, SDG 12)					X	
Waschmittel (SDG 6, SDG 12)	X				X	
Düngung (SDG 6, SDG 12)	X		X	X		
Bodenchemie (SDG 15)			X			
Müll trennen (SDG 12)	X		X			X
Bodenbelastung durch Müll (SDG 12, SDG 15)						
Aluminiumherstellung bzw. Recycling (SDG 12)	X	X		X		X
Recycling (Autowracks, Glas, Kunststoff) (SDG 12)	X	X	X			X
(Alternative) Energiequellen, Bewertung (SDG 7)		X	X		X	
Gesunde Ernährung (SDG 3)		X		X	X	
Medikamente, Suchmittel, Impfungen (SDG 3)	X	X			X	
Umweltbelastung durch Erdöl (SDG 6, 12, 15)						X
Anzahl der Themen, die zu SDGs passen	8	9	8	6	8	8

Tabelle 3 Themen, die in verschiedenen Chemielehrbüchern der Unterstufe behandelt werden

Weitere Kriterien

	Einbindung von SDGs	Kompetenz-orientiert	Forschendes Lernen	Sprach-sensibel*
Von der Chemie 4	größtenteils Erwähnung am Rande, am Schluss jedoch eigenes Kapitel	nein	viele Versuchsanleitungen	nein
MEHRfach Chemie	Absätze zu den genannten Themen, oft auch ganze Seiten; interdisziplinär	ja	eigenes Buch (Anwenden und Forschen)	Ja
Treffpunkt Chemie	Einbindung technisch und anwendungsorientiert, praktische Beispiele	nein	einige Versuchsanleitungen	nein
Stoffe	meist am Rande in einzelnen Sätzen, Kapitel „Bedrohung und Schutz unserer Umwelt“ am Schluss	nein	einige Versuchsanleitungen	nein
Impuls Chemie 4	in theoretische Inhalte eingebettet, jeweils mehrere Absätze	ja, zus. Rechercheaufgaben	Rubrik „Erforsche selbst“	ja
Chemie verstehen 4	in theoretische Inhalte eingebettet, jeweils mehrere Absätze + eigene Kapitel	nein	einige Versuchsanleitungen & Fotos	nein

* Schwierige Wörter/ Fachwörter werden an der Seite oder in einem Glossar erklärt

Tabelle 4 Vergleich von Schulbüchern der Unterstufe nach der Einbindung von SDGs, Kompetenzorientierung, sprachlicher Sensibilität und ob forschendes Lernen durch das Schulbuch unterstützt wird

Zusammenfassend kann man sagen, dass die meisten Chemiebücher für die Unterstufe schon einige wichtige Themen vor allem in Bezug auf die Umwelt behandeln. Das Buch „Stoffe“ (Magyar *et al.*, 2014) bietet zwar hinsichtlich BnE am wenigsten Inputs, jedoch ist es fachlich sehr detailliert und eignet sich gut als Nachschlagewerk und zur Vertiefung.

In der Zusammenfassung kann gezeigt werden, dass folgende SDGs in den Schulbüchern der Sekundarstufe I behandelt werden:



2.6.2 Oberstufe

Für die Schulbuchanalyse für die Oberstufe wurden 3 verschiedene Schulbuchreihen herangezogen:

- Elemente (Magyar *et al.*, 2011a)
- Moleküle (Magyar *et al.*, 2011b)
- Chemie 1 – Allgemeine und anorganische Chemie (Neufingerl, 2006)
- Chemie 2 – Organische Chemie (Neufingerl, 2007)
- Chemie begreifen (Wohlmuth, 2015)

Die folgende Tabelle zeigt eine kurze, zusammenfassende Übersicht über die Themenschwerpunkte, die in den Schulbüchern für die Oberstufe vorzufinden sind:

Themen	Elemente	Moleküle	Chemie 1	Chemie 2	Chemie begreifen
Luftschadstoffe (SDG 15)	X		X	X	
Wasser als Ressource (SDG 6)	X		X		
Wasserverschmutzung (SDG 6)	X			X	
Bodenchemie (SDG 15)	X				
Alternative Energiequellen (SDG 7)			X		
Düngemittel (politische Auswirkungen) (SDG 12)			X		
Düngemittel (ökologische Auswirkungen) (SDG 6)	X		X		
Aluminium (Herstellung, Recycling) (SDG 12)	X		X		
Fossile Energieträger (SDG 7)		X	X	X	
Holzwirtschaft (SDG 7)				X	
Insektizide (SDG 15)		X		X	
Suchtmittel (Alkohol) (SDG 3)				X	
Papierherstellung (SDG 6, 12)				X	
Kunststoffrecycling (SDG 12)				X	
Müll und Recycling (SDG 12)				X	
Geochemische Kreisläufe (SDG 13, 15)					X
Anzahl der Themen, die zu SDGs passen	6	2	7	9	1

Tabelle 5 Themen, die in verschiedenen Chemielehrbüchern der Oberstufe behandelt werden

Weitere Kriterien

	Einbindung von SDGs	Kompetenz-orientiert	Forschendes Lernen	Sprach-sensibel*
Elemente	kurze Erwähnungen und Kapitel zwischendurch	nein	einige Versuchs-anleitungen	nein
Moleküle	wenige Sätze zu den Themen am Rande			
Chemie 1	in theoretische Inhalte eingebettet, eigene Absätze	+/- Kompetenz-orientierte, praxisnahe Übungs-aufgaben	sehr wenige Versuchs-anleitungen	nein
Chemie 2				
Chemie begreifen	Einzelne Kapitel zu Scientific Literacy und Geochemie	nein	27 Praktikums-beispiele	ja

* Schwierige Wörter/ Fachwörter werden an der Seite oder in einem Glossar erklärt, SDG 4 – Hochwertige Bildung

Tabelle 6 Vergleich von Schulbüchern der Oberstufe nach der Einbindung von SDGs, Kompetenzorientierung, sprachlicher Sensibilität und ob forschendes Lernen durch das Schulbuch unterstützt wird

Alle drei Buchreihen sind sehr theorielastig, wobei „Elemente“, „Moleküle“ und „Chemie begreifen“ als verkürzte Version eines Chemie-Fachbuches (z. B. für StudienanfängerInnen) leicht bestehen würden. In diesen Büchern wird sehr viel Wert auf theoretisches Wissen gelegt und nur wenige Fachinhalte werden mit der Lebenswelt der SchülerInnen oder der Industrie verknüpft. Wenn dies durch die Lehrperson geschieht, stellen die Bücher darüber hinaus sicherlich fundierte Nachschlagewerke für die SchülerInnen dar. Chemie 1 und 2 von Neufingerl schafft es, dass die fachtheoretischen Inhalte gleich im Buch mit interessanten praktischen Beispielen verknüpft und greifbarer gemacht werden. Auch interdisziplinäre Ansätze, wie z. B. die Übungsfrage: *„Das Haber-Bosch-Verfahren wurde 1913 in Deutschland fertig entwickelt. Wie hat sich dieses Verfahren auf die politischen Ereignisse der folgenden Jahre ausgewirkt?“* (Neufingerl, 2006) ist sehr wertvoll, da hier das strikte Kastendenken der SchülerInnen durchbrochen werden kann.

Folgende SDGs werden in den Schulbüchern der Oberstufe bereits behandelt:



Fazit der Schulbuchanalyse

Verschiedene Aspekte vor allem der Umweltchemie werden bereits in den Chemie-Schulbüchern abgedeckt. Teilweise erfolgt dies nur recht halbherzig als kleiner Satz am Rande eines langen Textes über chemische Eigenschaften, Verwendung, Gewinnung, etc. von verschiedenen Chemikalien. In manchen Büchern werden die Themen schon vielseitig beleuchtet und praxisnah umgesetzt. Was eventuell nicht ganz optimal ist, ist dass man Umweltchemie einfach in ein Kapitel am Schluss eines Buches verpackt und sonst kaum und nur am Rande behandelt, wie es zum Beispiel bei „Stoffe“ (Magyar *et al.*, 2014) und „Von der Chemie 4“ (Albrecht *et al.*, 1999) gemacht wurde. Wenn sich Lehrpersonen nämlich an die Reihenfolge im Buch halten, wird dieses Kapitel normalerweise erst am Ende des Jahres unter Zeitmangel noch schnell bearbeitet oder gleich ganz weggelassen. Man könnte jedoch mit gesellschaftlichen, politischen und ökologischen Themen durchaus einen roten Faden in den Chemieunterricht einbauen und die fachtheoretischen Themen in solche Kontexte einbauen. Wie so ein problemorientierter Unterricht umgesetzt werden könnte, wird in Kapitel 8 an einigen Beispielen gezeigt.

2.7 Pädagogische Prinzipien für die Umsetzung im Unterricht

Die UNESCO formuliert sieben pädagogische Prinzipien für die Umsetzung der Sustainable Development Goals im Unterricht (vgl. Österreichisches Dekadenbüro BnE, 2008):

1) Interdisziplinarität

Wenn jeder in seiner Fachdisziplin bleibt und nicht über den Tellerrand hinausblickt, wird es nicht möglich sein, umsetzbare Lösungen für globale Probleme zu finden bzw. diese überhaupt umfassend zu erkennen.

Die Interdisziplinarität wird auch bei den didaktischen Grundsätzen im Lehrplan gefordert (vgl. Kapitel 2.5.2), wonach authentische Probleme aus mehreren Perspektiven betrachtet werden sollen.

2) Werteorientierung

Es muss einen bestehenden Wertekanon in einer Gesellschaft geben, an dem man Ziele festmachen kann.

3) Sensibilisierung für kulturelle Unterschiede

Wenn kulturelle Unterschiede nicht berücksichtigt werden, birgt das hohes Konfliktpotential. Die Grundkenntnis und das Verständnis gegenüber anderer Kulturen sind dafür unverzichtbar (→ SDG 16)

4) Problemlösungsorientiertheit

Nur die Probleme zu sehen ist zwar schon einmal ein Anfang, jedoch für deren Beseitigung nicht zielführend. Man muss lernen, dass auch kleine Maßnahmen, mögen sie auch noch so unbedeutend scheinen, schon etwas bewirken können und es Wert sind, umgesetzt zu werden. Im Chemieunterricht könnte dies konkret durch Fragestellungen geübt werden, die mithilfe eines Experimentes oder Recherche erledigt werden müssen. Schön ist es auch, wenn die SchülerInnen dabei erkennen, dass es verschiedenste Lösungswege gibt und diese auch für unterschiedliche Problemfelder besser oder schlechter geeignet sind.

5) Methodische Vielfalt

Viele Wege führen nach Rom und ebenso viele Ansätze können zur Lösung eines Problems führen. Geht man Probleme nur von einer Seite an und preist man diese Methode als die einzig wahre an, wird die Motivation zur Umsetzung

und die innovative Ideenvielfalt schnell schwinden. Unter Methodischer Vielfalt könnte man aber auch die Methoden zur Vermittlung und Umsetzung im Unterricht verstehen, wobei ein vielfältiger und anwendungsbasierter Ansatz Keppeler *et al.* (2014) zufolge wichtig für das Verständnis und die nachhaltige Festigung der Themen ist. Auch hier könnten offene Unterrichtsssettings, wie z. B. selbständiges Experimentieren zu einem besseren Verständnis führen. Weitere Möglichkeiten werden in Kapitel 2.8 näher vorgestellt.

6) Partizipation

Um ein großes Problem zu lösen, bringt es nicht so viel, wenn nur wenige daran arbeiten. Es muss klar gemacht werden, dass auch kleine Beiträge wertvoll sind und alle etwas beitragen können. Und wenn alle an einem Strang ziehen, ist der Anreiz mitzumachen viel höher. Die Fridays for Future Bewegung rund um Greta Thunberg ist ein gutes Beispiel, wie auch SchülerInnen durch ihre Partizipation etwas bewegen konnten.

7) Lokale Relevanz

Hier in Österreich ist es für uns einzelnen Menschen vermutlich schwierig, die Verschmutzung von Gewässern in Südafrika durch Industriebetriebe zu bekämpfen. Dementsprechend sollten wir uns darauf konzentrieren, vor unserer eigenen Haustüre zu kehren und uns unmittelbar betreffende Aufgaben zu meistern, wie zum Beispiel die Minimierung des Pestizideinsatzes auf unseren Feldern oder die Verkleinerung unseres ökologischen Fußabdruckes durch gezielteres Konsumverhalten. Trotzdem darf nicht vergessen werden, dass Probleme an einem anderen Ort auch direkte oder indirekte Auswirkungen auf lokale Gegebenheiten haben können und umgekehrt! Als Beispiel könnte man hier zukünftig erwartete Flüchtlingsströme aufgrund von zunehmender Desertifikation und Wasserknappheit nennen (vgl. SDG 15 & 16)

Eine Zusammenfassung mit recht ähnlichen Eckpunkten wurde von Juntunen & Aksela (2014) gemacht. Die folgende Grafik beschreibt, wie sozialwissenschaftliche Themen konstruktivistisch und kontextbasiert erfolgreich im Chemieunterricht behandelt werden können:

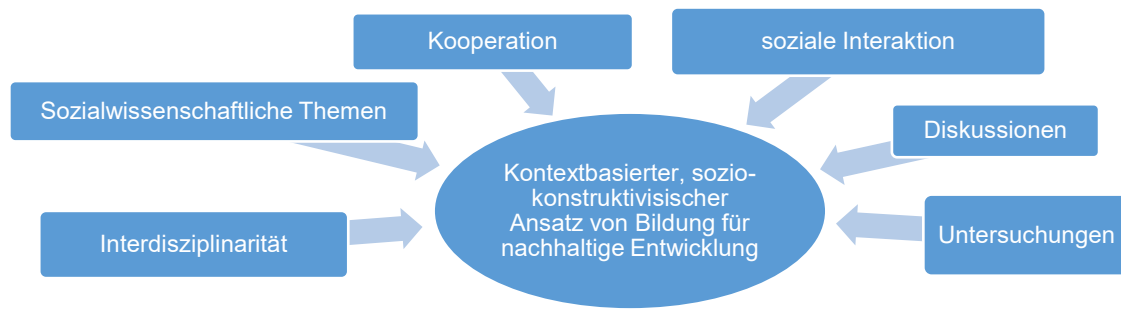


Abb. 22 Die Elemente einer kontext-basierten, sozio-konstruktivistischen Pädagogik für Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht, nach Juntunen & Aksela, 2014

Die SchülerInnen sollen die sozialwissenschaftlichen Themen selbst untersuchen können (inquiry-based learning, wobei gleichzeitig Medienkompetenz geschult wird), ihre Erkenntnisse mit anderen SchülerInnen besprechen und gegebenenfalls diskutieren. Die Themen sollten einen interdisziplinären Ansatz beinhalten, also von vielen verschiedenen Seiten beleuchtet werden können und wenn möglich in Kooperation mit anderen Lehrpersonen oder sogar auch von externen ExpertInnen (Unternehmen, Gemeinden, Forschungseinrichtungen,...) behandelt werden. Wichtig wäre auch, dass die Themen Bestandteil der Lebenswelt der SchülerInnen sind und somit das Interesse zur Recherche und ein guter Baustein für konstruktivistisches Lernen vorhanden ist (ebd.). Darüber hinaus sollen sie nicht als Extrapunkte abgehandelt werden, sondern sich mithilfe neuer methodischer und didaktischer Strategien natürlich in den ursprünglichen Chemieunterricht einfügen (vgl. Kapitel 2.4).

Besonders gut dafür sind Themen geeignet, die offensichtlich mit den Naturwissenschaften verknüpft sind, wie z. B. Energiewirtschaft. Am Beispiel des Wirkungsgrades wird nachfolgend gezeigt, wie man die pädagogischen Prinzipien aus Abb. 22 einbetten könnte:

- Präkonzepte/Mythen können als Inquiry-Based-Learning im Zuge eines Experimentes von den SchülerInnen selbst überprüft werden → soziale Interaktion, Diskussion
- Kooperation mit externen ExpertInnen: z. B. MitarbeiterInnen von Fernwärmekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen, OfensetzerInnen, ElektrikerInnen,...
- Interdisziplinarität: Energiewirtschaftliche Aspekte, wie der Wirkungsgrad verschiedener Brennstoffe können aus den Sparten Physik, Chemie, Wirtschaft,

Klimaforschung, Gesundheit/Medizin, Biologie und auch Geographie betrachtet werden.

- Der Wirkungsgrad ist auf jeden Fall Teil der Lebenswelt der SchülerInnen, da sie ebenfalls ständig Dinge erhitzen müssen. Ob das das Mittagessen, der Tee/Kaffee ist oder ein Ofen, den sie anheizen müssen.

Bei den Unterrichtsplanungen in Kapitel 8 wurde versucht, auch nicht so naheliegende Themen mit einzubauen und die Prinzipien aus diesem Kapitel nach Möglichkeit ebenfalls zu berücksichtigen.

Gerade in Bezug auf Problemlösungsorientiertheit, methodische Vielfalt und Interdisziplinarität kann der Chemieunterricht einen großen Beitrag im Rahmen der BnE leisten. Kaum eine andere Disziplin kann auf Experimente zurückgreifen, bei denen die SchülerInnen selbst authentische Probleme erfahren können, wodurch diese greifbarer und somit auch realer für die Lebenswelt der Kinder werden. Gemeinsam kann man sich dann überlegen, was jede/r Einzelne/r tun kann, um nicht mehr Teil dieses Problems zu sein (→ Partizipationsgedanke). Da so gut wie alle Vorgänge auf der Erde chemisch/physikalischen Ursprungs sind, sollte auch die Interdisziplinarität kein Problem darstellen.

Die Pädagogischen Prinzipien finden sich bei den Unterrichtskonzepten in Kapitel 8 wieder, wobei sie in kleinen Kästchen   bzw.  als Anmerkungen am Rand der Planungen zu finden sein werden.

2.8 Bisherige Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht

Laut Eilks (2017) wird BnE im Physik- und Chemieunterricht in Deutschland noch eher wenig umgesetzt, obwohl es recht gute Basismodelle für die Umsetzung gäbe. Ihm zufolge könnte man einfach die **aktuellen technischen Entwicklungen aus der chemischen Industrie aufgreifen**, wobei auf Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit (Vermeiden von Abfällen und vollständig ablaufende Reaktionen sind nicht nur für die Umwelt gut, sondern auch für das Börserl) viel Wert gelegt wird. Ein weiteres Tool wäre Eilks (2017) zufolge auch das sogenannte „**Context-Based learning**“, wobei Fachinhalte in Themen oder Technologien, die Nachhaltigkeit beinhalten, eingebettet werden oder umgekehrt. Auch **Problembasiertes Lernen (PBL)** (Keller & Köhler, 2016), bei dem anhand authentischer Probleme aus den Fachkontext neuer Stoff erarbeitet wird, könnte man dem kontextbasierten Lernen zuordnen. Ein Projekt, das es bereits in Deutschland gibt, heißt „**Chemie im Kontext (ChiK)**“ (Parchmann *et al.*, 2007). Die Studie dazu zeigt, dass SchülerInnen mithilfe des Context-Based learnings dem Fach Chemie eine höhere Relevanz zuschreiben und sich intensiver mit den Kontexten auseinandersetzen. Dabei können sie Gefahr laufen, sich zu sehr in die Themen zu verbeißen und dabei das zweite wichtige Ziel der ChiK aus den Augen zu verlieren, nämlich Basiskonzepte der Chemie zu verstehen. Um dies zu verhindern, müssen diese Prozesse immer lehrerInnengeleitet ablaufen (ebd.).

Auch die Auswahl der Themen sollte gut überlegt sein. Habig *et al.* (2016) haben herausgefunden, dass besondere Kontexte die SchülerInnen zwar stärker motivieren, als alltägliche Zusammenhänge, lebensnahe Themen jedoch einen größeren Mehrwert für das Leben der SchülerInnen darstellen und daher eine höhere Wertschätzung erfahren. Ein gelungener Mix aus beidem könnte daher zielführend sein.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Betrachtung von kontrovers diskutierten Themen in der Gesellschaft durch die naturwissenschaftliche Brille dar, die sogenannte „**Socio-Scientific Issues-Based Science Education (SSI)**“ (Burmeister *et al.*, 2012; Eilks, 2017).

Alle Methoden der SSI gehen nach dem gleichen Prinzip vor:

1. Verwendung einer komplexen, sozial relevanten Fragestellung als zentrales Thema
2. Lernende sind angehalten, sich darüber Gedanken zu machen
3. Lernende müssen den naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten besonderes Augenmerk schenken.

So können die SchülerInnen erkennen, wo Naturwissenschaften überall eine Rolle spielen und sich an Diskussionen und Entscheidungsprozessen beteiligen. Dadurch werden sowohl die Mündigkeit und Entscheidungsfähigkeit, als auch soziale Kompetenzen in Bezug auf die Diskursfähigkeit trainiert. Eine anhand von biologischen Themen durchgeführte Studie von Stadler *et al.* zeigt außerdem signifikante höheres inhaltliches Fachwissen nach der Erarbeitung anhand von Socio-Scientific-Issues im Vergleich zum „klassischen“ Lernen anhand eines Schulbuches (Sadler *et al.*, 2016).

Auch **Projektunterricht**, wie zum Beispiel eine Müllsammelaktion an der Schule, die fachlich auf mehreren Ebenen aufbereitet wird, bietet eine gute Möglichkeit zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele im Unterricht (Burmeister *et al.*, 2012; Eilks, 2017).

Die Aufbereitung der Müllsammelaktion im Chemieunterricht könnte beispielsweise so aussehen, dass erst einmal die Zusammensetzung des Mülls betrachtet wird (ggf. auch mit experimentellen Methoden). Dann könnten Auswirkungen auf die Umwelt erforscht oder recherchiert (z. B. die Auswaschung von schädlichen Stoffen aus dem Müll durch Regen) und im Anschluss über richtige Entsorgung und Recycling gesprochen werden.

Eine weitere interessante Methode für die Umsetzung von Socio-Scientific Issues im Chemieunterricht schlagen Fasbender & Wachten (2017) vor. Die **Dilemmageschichten** basieren auf der Erkenntnis, dass moralisches Verhalten nicht direkt unterrichtet werden kann, sondern vielmehr von den SchülerInnen selbst entwickelt werden muss. Anhand dieser Methode kann ein Setting geschaffen werden, das SchülerInnen in der eigenständigen Entwicklung von Moral fördert. Bei dem Beispiel, das die Autorinnen anführen, geht es um Klimawandel und eine Person, die verschiedene Entscheidungen treffen soll, die jedoch teilweise mit den Klimazielen

kokurrieren. Die Kinder beschreiben zunächst, wie sie sich fühlen, wenn sie an die Probleme der Person denken. Im nächsten Schritt versetzen sie sich in die Rolle der Entscheidungsträgerin / des Entscheidungsträgers und versuchen, seine/ihre Probleme auf spielerische und kreative Art und Weise zu lösen. Ziel dieser Methode ist es, in den Kindern einen kognitiven Konflikt auszulösen und ihre Motivation, diesen zu bearbeiten, durch Einbeziehung von Emotionen zu steigern (Fasbender & Wachten, 2017). Die Dilemma Stories können natürlich auch auf viele andere Themen angewendet werden und eignen sich somit sehr gut für BnE in den verschiedensten Fächern.

Um die UN-Nachhaltigkeitsziele erfolgreich in den Unterricht zu integrieren, muss man sowohl fachliche als auch didaktische und pädagogische Kenntnisse dazu besitzen. Die vorher beschriebenen methodischen Ansätze dürften bei den Lehrpersonen noch nicht mit BnE in Verbindung gebracht worden sein.

Studien aus 2003 und 2007 haben außerdem gezeigt, dass Lehrpersonen damals noch kaum eine Vorstellung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht hatten (Burmeister *et al.*, 2013). Eine neuere Studie, die direkt von Burmeister & Eilks (2013b) publiziert wurde, zeigt, dass zwar viele ChemielehrerInnen in Ausbildung und auch Referendare in Deutschland eine positive Einstellung zur Inkludierung der SDGs in den Chemieunterricht haben, jedoch einem großen Teil die theoretische Wissensgrundlage dazu fehlt. Der Großteil der Befragten brachte darüber hinaus Bildung für nachhaltige Entwicklung vor allem mit Umweltbildung in Zusammenhang. Ihnen war der modernere, interdisziplinärere Ansatz von Nachhaltigkeit, bei dem neben ökologischen auch ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigt werden, eher fremd (vgl. Kapitel 2.8). Diese Ergebnisse stimmen auch mit Studien aus Großbritannien, Griechenland und Zypern überein (Burmeister & Eilks, 2013a). Da es kaum Unterschiede in der Fachkenntnis zu Themen der Nachhaltigkeit bei LehramtsstudentInnen und ReferendarInnen gab, führen die AutorInnen dies auf eine Vernachlässigung des Themas im Studium zurück. Aufbauend auf diese Studie mit partizipativer Aktionsforschung wurde auch ein Kursmodul für die LehrerInnenausbildung erarbeitet (Burmeister & Eilks, 2013b).

Die Beobachtung, dass Chemieunterricht im Sinne der SDGs nur im Kontext der Umweltbildung behandelt wird, konnte auch bei der Schulbuchanalyse im Zuge dieser Masterarbeit gemacht werden. In den Büchern werden vor allem umweltrelevante Themen angesprochen, gesellschaftliche und wirtschaftliche Themen werden großteils außen vor gelassen (vgl. Kapitel 2.4.3). Sieht man sich die Projektbewerbe des VCÖ (Verband der Chemielehrer/innen Österreichs) an, so thematisieren sie auch zunehmend Bereiche, die in die BnE fallen. Als Beispiel könnte man den 16. Projektwettbewerb 2020/2021 nennen, dessen Titel „Mit Chemie zu Kreislaufwirtschaft und Klimaschutz“ lautet. Die Themenschwerpunkte zeichnen jedoch ebenfalls ab, was bereits bekannt ist – sie liegen auf Umweltthemen.

Auch Juntunen & Aksela (2014) stellen in ihrem Artikel fest, dass ChemielehrerInnen vor allem Umweltthemen in den Unterricht mit einfließen lassen. Ein Grund dafür sei, dass sie Probleme mit dem Unterrichten von Socio-Scientific Issues (SSI) haben. Große Herausforderungen werden vor allem bei der Auswahl der sozialwissenschaftlichen Themen, den fehlenden Unterrichtsmaterialien dazu und dem großen Arbeitsaufwand, sie selbst aufzubereiten, gesehen. Darüber hinaus sind diese Themen sehr komplex und oft kontrovers zu diskutieren, wobei sich Lehrpersonen oft nicht zutrauen, die Gruppendiskussionen zu managen. Da solche Diskussionen eher zeitaufwändig sind und wenig Relevanz für das Verstehen von Chemie an sich hätten, sind sie tendenziell unbeliebt. Auch Stuckey *et al.* (2012) stellen fest, dass Socio-Scientific Issues-Based learning in der Praxis des Chemieunterrichtes in vielen Ländern noch nicht angekommen ist, obwohl dies *„nachweislich die Motivation fördern und einen breiteren Beitrag zur Allgemeinbildung leisten kann“* (ebd.).

Deshalb wird lieber auf die schon vorhandenen Inhalte in den Lehrbüchern zurückgegriffen. Wie schon vorher besprochen, beleuchten diese aber kaum die stark interdisziplinären Ansätze der Nachhaltigkeit, sondern „nur“ Aspekte der Umweltbildung (Juntunen & Aksela, 2014).

Alle Studien, die das Thema BnE im Chemieunterricht aufzeigen, stammen aus Deutschland, Finnland oder anderen Ländern. Es konnte keine entsprechende

Erhebung gefunden werden, die in Österreich in Bezug auf den Chemieunterricht durchgeführt worden ist.

Das Resümee aus 2014 (Kapitel 2.4) hört sich sehr positiv an, jedoch kann man keine konkreten Schlüsse daraus ziehen, da es sehr allgemein gehalten worden ist. Es bezieht sich nicht ausschließlich auf Bildungseinrichtungen (schon gar nicht auf einzelne Fächer) und es werden auch keine näheren Umsetzungsbeispiele genannt, die die positive Stellung Österreichs im Vergleich zu anderen Ländern untermauern. Abgesehen davon zeigen die Studien von Eilks (2017) und Juntunen & Aksela (2014), dass die Einbettung von BnE in den Chemieunterricht im Sinne einer umfassenden Definition von Nachhaltigkeit in anderen Ländern im Jahr 2014 auch nicht sehr vielversprechend ablief. Persönliche Erfahrungen haben gezeigt, dass Themen, die über den Tellerrand der Chemie hinausgehen, von manch anderen Lehrpersonen nicht nachvollzogen werden konnten. Das führt zu der Frage, wie es in den österreichischen Chemiesälen wirklich mit Bildung für nachhaltige Entwicklung aussieht.

3 Zielsetzung und Forschungsfrage

Ziel dieser Arbeit ist es zu erheben, ob und wie Lehrpersonen Bildung für nachhaltige Entwicklung in ihren Chemieunterricht einfließen lassen und anhand beispielhafter Konzepte aufzuzeigen, wie sich die Themen der BnE mit wenig zusätzlichem Zeitaufwand in den bestehenden Unterricht integrieren lassen können.

Die übergeordnete Forschungsfrage lautet daher:

Welche Bedeutung messen österreichische ChemielehrerInnen der Bildung für nachhaltige Entwicklung bei?

Daraus ergeben sich folgende Untersuchungsfragen:

- Kennen Lehrpersonen das dreidimensionale Nachhaltigkeitskonzept, die Sustainable Development Goals und damit den vollen Umfang der Themenschwerpunkte von Bildung für nachhaltige Entwicklung?
- Wird Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht bereits umgesetzt?
- Wie sieht die Umsetzung von BnE im Chemieunterricht aus?
- Welche Gründe haben Lehrpersonen, Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht nicht zu integrieren und wie könnte man die Einbettung der SDG in den Chemieunterricht attraktiver gestalten?

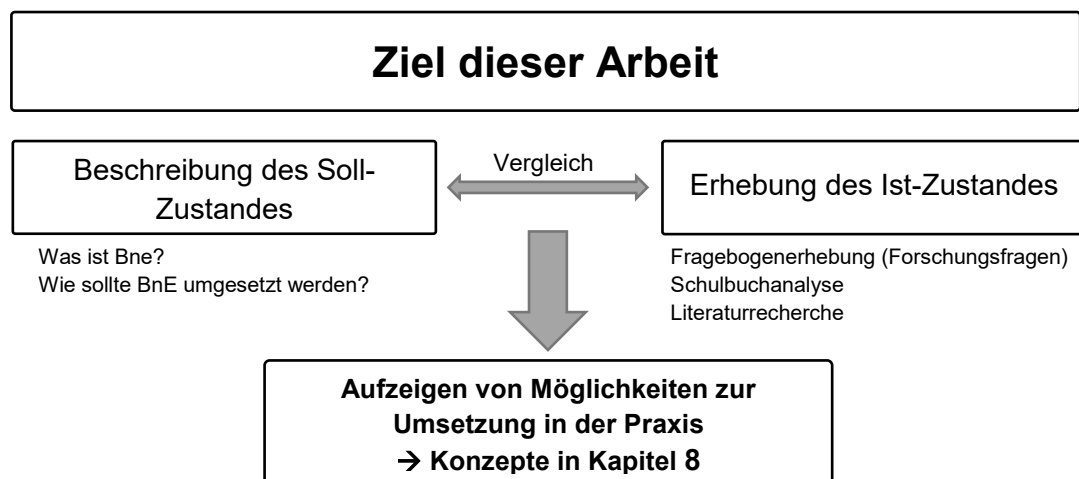


Abb. 23 Übersicht über die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

In Abb. 23 wird der Aufbau und das Konzept zur Erreichung der Zielsetzung dieser Arbeit deutlich gemacht.

Um die Untersuchungsfragen und damit die übergeordneten Forschungsfrage zu beantworten, wurde eine Online-Fragebogenstudie durchgeführt, bei der Daten von insgesamt 82 Personen (ChemielehrerInnen und LehramtsstudentInnen) erhoben wurden.

4 Untersuchungsplanung und -design

Die Untersuchung erfolgt mittels einer nicht-standardisierten, qualitativen Befragung (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014) mithilfe eines Online-Fragebogens.

4.1 Stichprobe

Die Stichprobe umfasst Lehrpersonen, die Chemie unterrichten und Chemie-LehramtsstudentInnen, die schon am Ende ihres Bachelorstudiums oder im Masterstudium sind. Um diese Personen zu erreichen, wurde ein Link zum Fragebogen (<https://www.soscisurvey.de/SDGimChemieunterricht/>) in einschlägigen Facebook-Gruppen (z. B. Umfragen für Lehrer/innen Österreich, Lehramt Master Chemie Universität Wien/PH-Master of Education in Chemistry und LA Chemie Uni Wien) geteilt und per Mail an Chemie-Lehrpersonen verschickt – mit der Bitte um Weiterleitung an andere FachkollegInnen. StudentInnen werden zusätzlich zu Lehrpersonen befragt, da Eilks & Burmeister (2013a) bei ihren Untersuchungen in Deutschland postulieren, dass es kaum Unterschiede in der Kenntnis von BnE, SDGs und Nachhaltigkeit zwischen diesen Personengruppe gäbe.

An der vorliegenden Untersuchung nahmen insgesamt 82 Personen teil, davon 25 Personen, die noch studieren. Der Großteil der befragten Lehrpersonen unterrichtet an einer AHS (vgl. Abb. 24). Die Altersverteilung bei den LehrerInnen in der Stichprobe zeigt ein breites Spektrum (Abb. 25) und stellt so ein generationenübergreifendes Bild der Ergebnisse sicher.

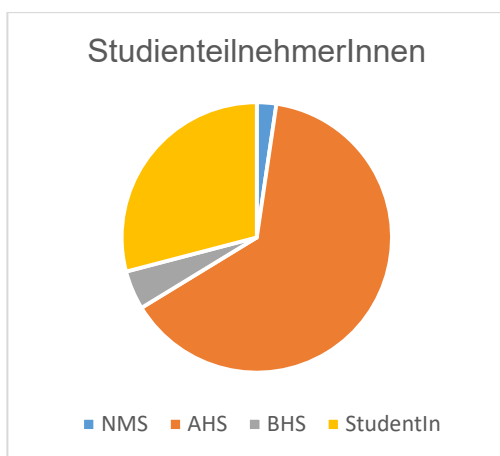


Abb. 24 Übersicht über TeilnehmerInnen

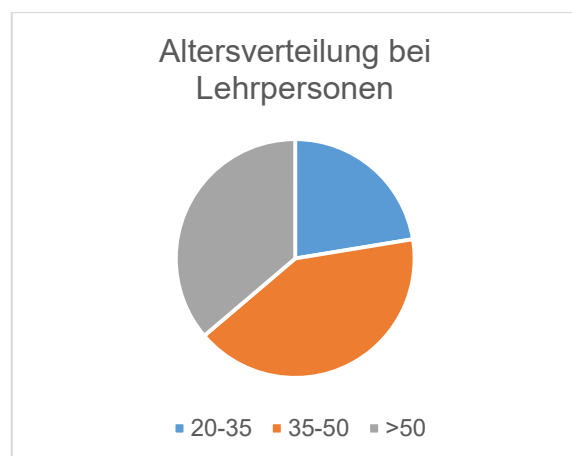


Abb. 25 Altersverteilung der Lehrpersonen

4.2 Themenschwerpunkte

Das Ziel der Befragung ist herauszufinden, ob und wieviele ChemielehrerInnen Sustainable Development Goals (bzw. Bildung für nachhaltige Entwicklung) in ihren Chemieunterricht einbauen, was ihre Motivation dahinter ist und welche Probleme und Chancen sie im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung sehen. Davor wird erhoben, ob die Lehrpersonen die SDGs und BnE überhaupt kennen. Um eine bessere Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden die SDGs in Themenbereiche eingeteilt (vgl. S. 30). Auf Grundlage der Forschung von Burmeister und Eilks (2013a) werden die Kenntnisse über SDGs und BnE sowohl bei LehramtsstudentInnen und Lehrpersonen erhoben, da sie postulieren, dass diese Themen vor allem in der Ausbildung zu kurz kommen (vgl. Kap. 2.8).

4.3 Pilotierung

Bei der Fragebogenpilotierung werden verschiedene Personen aufgefordert, den Fragebogen durcharbeiten. Dabei handelt es sich teilweise um Personen, die mit den Fachinhalten der Befragung gar nichts anfangen können. Die Anforderung an sie ist, dass sie missverständliche Formulierungen der Anweisungen in den Fragen und in verschiedenen Antwortmöglichkeiten aufdecken. Fachliches Feedback zum Fragebogen wurde von Frau Prof. Dr. Groß gegeben.

Mitglieder der Zielgruppe werden im Zuge der Pilotierung nicht befragt, da nicht davon ausgegangen wird, dass es allzu viele gibt und eine möglichst große Stichprobenmenge gewünscht ist.

4.4 Qualität der Erhebungsmethode

Durch das Teilen des Umfragelinks auf Facebook kann es sein, dass die Ergebnisse der Umfrage etwas verzerrt sind. Es können nur ChemielehrerInnen und LehramtsstudentInnen teilnehmen, die in den entsprechenden Gruppen vernetzt sind und somit Zugang zum Fragebogen haben. Um dem entgegenzuwirken, wurden die Vorstände der Arbeitsgemeinschaft Chemie von Wien, Niederösterreich und Tirol gebeten, den Link zum Fragebogen ebenfalls zu verteilen.

Das Studiendesign ist nicht-standardisiert und qualitativ, auch wenn ein typisches Werkzeug der quantitativen Forschung, nämlich ein Fragebogen, zum Einsatz gekommen ist (Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014), welcher die Auswertung und Darstellung der verschiedensten Meinungen enorm erleichtert. Bei der

Datenauswertung werden absolute und relative Häufigkeitsverteilungen angegeben, um ein Stimmungsbild zu bekommen.

Wie in Kapitel 4.2 dargelegt, wurden der Übersicht halber einige Sustainable Development Goals zu Themenfeldern zusammengefasst (vgl. Kapitel 2.3, S. 30), was natürlich immer einen subjektiven Interpretationsspielraum erlaubt. Auch bei den Schwerpunkten im Chemieunterricht definiert jede Lehrperson die einzelnen Kategorien vermutlich etwas anders, wodurch nicht sichergestellt werden kann, dass die gleichen Antworten für jede/n Befragte/n das Gleiche bedeuten.

5 Datenerhebung und -auswertung

5.1 Erhebungsmethode

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Fragebogenerhebung, wobei qualitative und quantitative Daten von Einzelpersonen der Zielgruppe mittels digitalem, halbstrukturiertem Fragebogen erhoben werden. Die geschlossenen Fragen bieten den Vorteil, dass die Daten vergleichbar werden und eine quantitative Auswertung dadurch möglich wird (Fantapié Altobelli, 2017). Auch wenn es sich in dieser Arbeit hauptsächlich um qualitative Forschung handelt, soll ja erhoben werden, wieviele der Lehrpersonen den jeweiligen Aussagen zustimmen, sodass eine Gewichtung möglich wird. Zudem werden offene Fragen gestellt, um die möglichst vollständige persönliche Meinung der TeilnehmerInnen und damit auch Aspekte, die im Vorhinein nicht bedacht wurden, erfassen zu können. Dabei wurde darauf geachtet, dass nie eine zwingende Antwort abzugeben ist, um die TeilnehmerInnen nicht zum Abbruch der Befragung zu bewegen.

Der Fragebogen wurde mit dem Online-Tool des deutschen Anbieters SoSci Survey digitalisiert. Das Programm generiert einen Hyperlink, mit dem der Zugriff auf den Fragebogen online möglich ist. Ein Vorteil dieses Programmes ist, dass die Beantwortung auf verschiedenen Endgeräten (PC, Tablet, Smartphone) erfolgen kann, da die Darstellung auch für Smartphones optimiert ist. Gerade im Hinblick auf die Verbreitungsart des Hyperlinks (vgl. Kap. 4.1) über soziale Medien ist das sehr wertvoll. So kann eine möglichst große Menschenmenge erreicht werden und durch die komfortable Beantwortungsmöglichkeit wird die Durchführung etwas attraktiver.

Der Fragebogen ist so aufgebaut, dass unterschiedliche Antworten automatisch zu unterschiedlichen Fragebogenseiten weiterleiten (Filterfragen, ebd.). Werden die Sustainable Development Goals bzw. Bildung für nachhaltige Entwicklung im Unterricht nicht umgesetzt, werden die Befragten direkt zu jenen Seiten im Fragebogen umgeleitet, bei denen sie beantworten müssen, warum sie das nicht tun, welche Themen sie in den Unterricht einbauen könnten und wo sie Chancen bzw. Herausforderungen darin sehen. Bei Lehrpersonen, die die SDGs bzw. BnE umsetzen, wird zusätzlich erhoben, bei welchen Themen im Lehrplan sie behandelt werden und auch welche der SDGs für den Chemieunterricht besonders in Frage kommen. So ist es möglich ein halbwegs vollständiges Meinungsbild der Befragten zu bekommen.

Um eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erzielen, wurde der Fragebogen so konzipiert, dass er in fünf bis zehn Minuten beantwortbar ist. Um das Problem zu umgehen, dass Personen zu viel Zeit und Mühe in die Beantwortung stecken müssen, wurde das Multiple-Choice-Format gewählt mit der (freiwilligen) Möglichkeit, selbst Dinge anzumerken (ebd.). Das erhöht auch die Vergleichbarkeit der Antworten und ermöglicht eine bessere Gewichtung. Eine hohe Rücklaufquote ist zudem wichtig für die Aussagekraft der Studie.

Zu Beginn wurden demographische Daten, wie Altersgruppe, Geschlecht, Schultyp und Ausbildung erhoben. Diese Informationen dienen dazu, eventuelle Trends und Unterschiede festzuhalten. Setzen z. B. eher nur jüngere Lehrpersonen BnE im Chemieunterricht um, kann man daraus schlussfolgern, dass diese in der LehrerInnenbildung in den letzten Jahren vermehrt behandelt worden ist. Trifft das jedoch eher auf ältere zu, könnte man das auf Fortbildungsveranstaltungen zurückführen. Wenn ein Trend zu erkennen ist, dass wesentlich mehr Personen, die ihre Ausbildung an Pädagogischen Hochschulen absolviert haben, BnE umsetzen, kann man daraus schließen, dass dort mehr Wert darauf gelegt wird, als an Universitäten und umgekehrt (vgl. Seite 02 des Fragebogens im Anhang).

Auf Seite 03 wurde nach den Schwerpunkten gefragt, die die Lehrperson im Chemieunterricht setzt. Direkt im Anschluss (Seite 04) sollte beantwortet werden, was SchülerInnen sich aus dem Chemieunterricht für das Leben mitnehmen sollen. Diese Fragen hören sich zunächst vielleicht gleich an. Der Unterschied liegt jedoch darin, dass ersteres im Chemieunterricht offenbar umgesetzt wird. Zweiteres sollte natürlich

direkt daraus resultieren, in der Praxis scheitert es jedoch oft an der tatsächlichen Durchführung. Ist es einer Lehrperson z. B. wichtig, dass SchülerInnen kritisch mit Medien umgehen können, muss das nicht unbedingt heißen, dass im Chemieunterricht im speziellen darauf Wert gelegt wird, indem der Umgang auch geübt wird bzw. Medien/Quellen hinterfragt werden. Die zwei Fragen sollen auch als Denkanstoß für die Befragten dienen, damit sie reflektieren können, ob ihre Schwerpunkte im Chemieunterricht auch mit ihren Zielen für die SchülerInnen übereinstimmen. Es sei auch angemerkt, dass man zwischen den Fragen im Fragebogen nicht hin und her springen kann.

Die Frage „Was verstehen Sie unter dem Begriff „Nachhaltigkeit“?“ wurde mit einer offenen Antwortmöglichkeit versehen, damit ein authentisches Bild der Assoziationen entsteht. In der Auswertung wurden die Antworten wieder in Kategorien zusammengefasst, damit eine bessere Übersichtlichkeit gewährleistet wird.

Seite 06 und 07 beschäftigen sich mit der Angelegenheit, ob die TeilnehmerInnen die Sustainable Development Goals kennen. Die Antwort wird mit einer Auskunftskontrollfrage überprüft, bei der die Themenfelder der SDGs abgefragt werden. Bei der Frage nach der Bekanntheit von Bildung für nachhaltige Entwicklung (Seite 08 und 09) wurde gleich vorgegangen.

Bei Frage 11 (Abb. 26) handelt es sich z. B. um eine Auskunftskontrollfrage (vgl. Fantapié Altobelli, 2017), die beantwortet werden muss, wenn in der vorhergehenden Frage bejaht wird, dass die SDGs bekannt sind. So wird kontrolliert, ob die Befragten wirklich eine Ahnung von den Sustainable Development Goals haben, nur einmal sporadisch davon gehört haben oder einfach gut dastehen wollen. Hier kommt auch die Kategorisierung der SDGs (vgl. Tabelle 2, Kapitel 2.3) zum Einsatz, um eine übersichtliche Menge an Antwortmöglichkeiten zu gewährleisten.

11. Welche Themenfelder würden Sie den Zielen für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals) zuordnen?

Mehrfachnennungen sind möglich!

- ☐ Soziale und gesellschaftliche Themen wie Gleichberechtigung und Gender
- ☐ Aspekte wie Wirtschaftswachstum und Schaffung/Sicherung menschenwürdiger Arbeitsplätze
- ☐ Umweltschutz + Umweltpolitische Aspekte
- ☐ Entwicklungen in urbanen und ländlichen Lebensräumen für Menschen
- ☐ Energiewirtschaftliche Aspekte
- ☐ Humanitäre Hilfe und Entwicklungspolitik
- ☐ Friedensarbeit und Bildung
- ☐ Umgang mit Ressourcen

☐ keine davon

Abb. 26 Frage 11 - Beispiel für eine Auskunftskontrollfrage

Ab hier unterscheidet der Fragebogen nun nach jenen, die BnE im Unterricht umsetzen (Seite 10), und dem Teil, der das nicht macht (Seite 11).

Bei jenen Personen, die angegeben haben, dass sie BnE implementieren, wird erhoben, bei welchen Themen im Lehrplan der Unter- und Oberstufe sie das machen. So kann man schon eine Tendenz beobachten, ob es sich rein um umweltrelevante Themen handelt, oder ob der Terminus BnE umfassender wahrgenommen wird. Aus dem gleichen Grund werden auch die einzelnen Sustainable Development Goals, die im Rahmen von Bildung für nachhaltige Entwicklung unterrichtet werden, abgefragt. Abschließend wird noch nach den präferierten Methoden, Problemen, Erleichterungsstrategien und Chancen von BnE im Chemieunterricht gefragt.

Auf Seite 11 wird erhoben, warum die SDGs im Chemieunterricht nicht realisiert werden und wie man die Umsetzung erleichtern könnte. Das Ziel hier ist, die Vorschläge gleich in die Konzepte (Kapitel 8) einzubauen. Es werden auch die verschiedenen SDGs aufgezählt, wobei sich die Frage stellt, welche davon theoretisch am besten im Chemieunterricht umgesetzt werden könnten. Auch die vorstellbaren Umsetzungsmethoden dafür werden abgefragt, um eventuelle Unterschiede zu erkennen zwischen jenen, die BnE schon praktisch umsetzen und jenen, die nur darüber nachdenken.

Bei der Erhebung der persönlichen Einstellungen wurden Likert-Skalen mit einer geraden Anzahl (4 Stufen: sehr wichtig – wichtig – eher unwichtig – unwichtig) von Antwortmöglichkeiten ausgewählt, um eine klare Tendenz erheben zu können (Gritsch, 2012).

Abschließend wird noch nach weiteren Anmerkungen zu diesem Thema gefragt, da es ja sein könnte, dass es noch andere Gesichtspunkte zur BnE gibt, die bisher noch nicht bedacht wurden.

5.2 Auswertung

Die Auswertung der geschlossenen Fragen des Fragebogens erfolgt mithilfe von Microsoft Excel. Wenn man die Datensätze von SosciSurvey ansieht, werden diese so dargestellt:

Daten ansehen

Fragebogen: [BnE_im_Chemieunterricht] CASE SERIAL Antworten 98 Datensätze inkl. Testda

CASE	SERIAL	REF	QUESTNNR	MODE	STARTED	PD01	PD02	PD03	PD03_01	PD03_02	PD03_03	PD03_04	PD03_05
208			BnE_im_Chemieunterricht	interview									
209			BnE_im_Chemieunterricht	interview	2020-12-01 18:01:02	1	2	1	1	2	1	1	1
211			BnE_im_Chemieunterricht	interview	2020-12-01 18:15:22	3	1	1	1	2	1	1	1
215			BnE_im_Chemieunterricht	interview	2020-12-01 19:59:55	2	2	1	1	2	1	1	1

Altersgruppe
1 = 20 - 35 Jahre
2 = 36 - 50 Jahre
3 = > 50 Jahre
-9 = nicht beantwortet

Fragenkategorien / Antwortmöglichkeiten

Abb. 27 Darstellung der erhobenen Daten bei SosciSurvey

Wie man in Abb. 27 sehen kann, werden die erhobenen Daten im Online-Umfrageprogramm in Zahlenwerten ausgedrückt. Bei „PD01“ handelt es sich um ein Dropdown-Menü, bei dem man verschiedene Antworten auswählen kann, deshalb gibt es hier drei Zahlen, die für eine Antwort stehen. Bei Multiple Choice Fragen zum Ankreuzen, steht jede Spalte für eine Antwortmöglichkeit und die Zahl 1 heißt nicht ausgewählt und 2 steht für ausgewählt. Klickt man auf die blauen Fragezeichen neben den einzelnen Spaltenüberschriften, so wird die Frage bzw. Antwortmöglichkeit in Worten angezeigt und darunter die Aufschlüsselung, also was welche Zahl bedeutet.

Mit Hilfe dieser Funktion konnten die Kategorien des Programmes (z. B. PD01) in Text übersetzt werden, was in MS Excel in jeder Spalte gemacht wurde (vgl. Abb. 28).

Schwerpunkte im CU									
Theoretische Kenntnisse	Anwendung von Grundkonzepten	Kenntnis und Anwendung versch. Modelle	Einbeziehung von politischen, medialen und ethischen Aspekten	Sensibilisierung der SuS für (umwelt-)politische Themen	weitere wichtige Schwerpunkte				
1	1	1	2	1	0				
2	2	3	1	1	1	praktische Erfahrungen im Laborunter			
1	2	2	2	1	0				
1	1	1	2	1	1	Zusammenhänge zu Alltagserfahrung			
1	2	1	1	1	0				

Abb. 28 Auswertung der Daten über Excel - Übersetzung der Abkürzungen von SosciSurvey in die Fragen und Antworten des Fragebogens

Um zu ermitteln, wie oft die verschiedenen Werte (1, 2, manchmal auch 3 und 4) bei jeder Antwortmöglichkeit angekreuzt wurden, wurde die Excel-Formel „SUMMEWENN“ verwendet.

B21	:	  	=SUMMEWENN('Auswertung Daten'!BB5:BB110;2;'Auswertung Daten'!BB5:BB110)/2		
	A	B	C	D	E
16					
17					
18	Haben Sie schon etwas von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE) gehört?				
19					
20	Ja, ich habe schon davon gehört	23			
21	Ja, ich setze diese Konzepte in meinem Chemieunterricht um.	5			
22	Ja, ich bin jedoch von diesen Konzepten nicht überzeugt.	1			
23	Nein	44			

Abb. 29 Ermittlung der Anzahl an Personen, die "Ja, ich setze diese Konzepte in meinem Chemieunterricht um" angeklickt haben, mithilfe der Formel „=SUMMEWENN“

Bei SUMMEWENN werden alle Werte zusammengezählt, die dem Wenn-Wert entsprechen. In diesem Beispiel war das die Zahl 2. Da die Anzahl der Personen von Interesse ist, die diese Auswahl getroffen hat, muss die Summe durch die Zahl dividiert werden, die mit WENN gesucht ist (→ daher Division durch zwei, vgl. Abb. 29).

Anschließend können anschauliche Diagramme aus den gewonnenen Daten erstellt werden. Diese Form der Auswertung ermöglicht eine gute Vergleichbarkeit der Aussagen von verschiedenen Personengruppen und hilft, das Meinungsbild klar darzustellen.

5.3 Reflexion der Erhebungsmethode

Bei der Erstellung des Fragebogens wurde versucht, die Auswertung mit Hilfe der Multiple-Choice-Fragen möglichst einfach zu gestalten und mit den Feldern für weitere Anmerkungen ein trotzdem vollständiges Bild zu gewinnen. Das Fragenformat sollte auch die Attraktivität, den Fragebogen zu beantworten, steigern. Aus eigener Erfahrung ist bekannt, dass das manuelle Ausfüllen von offenen Fragen vor allem auf mobilen Endgeräten sehr mühsam ist, weshalb eine offene Frage nie zwingend zu beantworten war.

Ein Manko, das bei der Auswertung sichtbar wurde, ist, dass Personen, die ihren eigenen Angaben zufolge zwar die Sustainable Development Goals im Unterricht umsetzen, jedoch offenbar den Begriff Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht

kennen, nicht zur Seite 10 des Fragebogens weitergeleitet wurden. Hier wären interessante Daten zur genauen Umsetzung der SDGs abgefragt worden, wie etwa welche SDGs umgesetzt werden und bei welchen Themen im Lehrplan sich das gut anbietet. So sind Daten zur Umsetzung in der Schule von fünf Personen verloren gegangen.

Ein Problem, das durch die Verbreitung des Fragebogens über Facebook-Gruppen für Chemie LehramtsstudentInnen auftrat, ist, dass die Zielgruppe hier jünger ist und absolut nicht die Altersverteilung der Chemielehrenden widerspiegelt, wodurch diese auf dem Weg kaum erreicht wurden. Nach dem Teilen in den Facebook-Gruppen haben laut Rücklaufstatistik großteils StudentInnen den Fragebogen bearbeitet.

Diesem Problem wurde entgegengesteuert, indem der Link zur Befragung an die LeiterInnen der Arbeitsgemeinschaften Chemie von Wien, Niederösterreich und Tirol geschickt und von ihnen dankenswerterweise an viele Lehrpersonen weitergeleitet wurde. Beantwortet wurde der Fragebogen dann vor allem von AHS-LehrerInnen. Die gewonnenen Daten sind für andere Schulformen also kaum repräsentativ.

Wie man schließlich an der Altersverteilung bei den Lehrpersonen sehen kann (Abb. 27), war bei der Stichprobe ein breites Feld vertreten.

Da der Fragebogen von fast einem Drittel der Befragten nicht vollständig ausgefüllt worden ist, musste entschieden werden, ab wann die Auswertung sinnvoll ist. Da ab Seite 3 relevante Daten abgefragt wurden und ab hier nurmehr relativ wenige Personen die Erhebung abgebrochen haben, wurde sie als Grenze festgelegt, ab der die Daten ausgewertet wurden. Das hat auch praktische Gründe, da später die Befragung aufgesplittet wurde (in „Ja, ich setze BnE um“ und „Nein, ich setze es nicht um bzw. habe noch nie davon gehört“) und dadurch das Aussortieren sehr schwierig geworden wäre.

6 Ergebnisdarstellung und Diskussion

Um beantworten zu können, welche Bedeutung Bildung für nachhaltige Entwicklung für Chemielehrende in Österreich hat, werden die Ergebnisse aus der Fragebogenerhebung in Form von Diagrammen übersichtlich dargestellt und diskutiert. Dafür wird jede Untersuchungsfrage konkret beleuchtet.

Kennen Lehrpersonen das dreidimensionale Nachhaltigkeitskonzept, die Sustainable Development Goals und damit den vollen Umfang der Themenschwerpunkte von Bildung für nachhaltige Entwicklung?

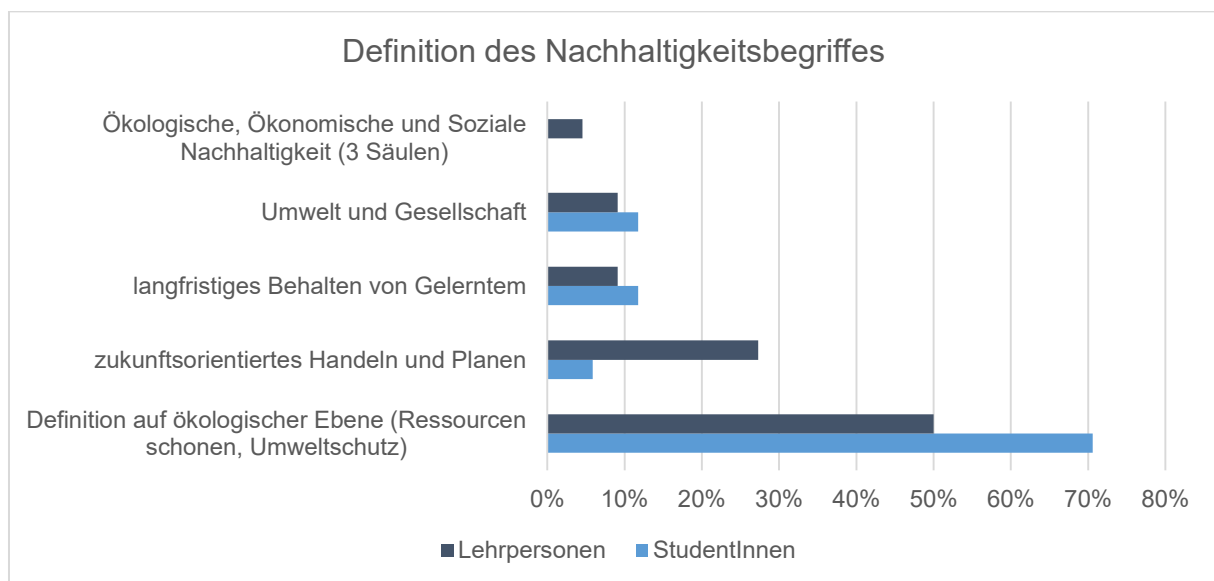


Abb. 30 Definition des Nachhaltigkeitsbegriffes. Vergleich der Angaben zwischen Lehrpersonen und Lehramtsstudierenden

Nachhaltigkeit wird bei 50 % der befragten Lehrpersonen und 70 % der Studierenden rein auf der ökologischen Ebene interpretiert und dementsprechend werden die Nachhaltigkeitsziele der UN und Bildung für nachhaltige Entwicklung mit Umweltbildung assoziiert. Auch Burmeister & Eilks (2013a) konnten dies im Rahmen ihrer Erhebung schon feststellen. Da sie dies auf die Vernachlässigung des Themas in der Ausbildung zurückführen, wurden in der Studie die Unterschiede in den Antworten von Lehrpersonen und Studentinnen betrachtet. Dass Nachhaltigkeit auf drei Säulen beruht, haben ausschließlich Lehrpersonen angegeben (und davon nur 5 %). Dass Themen betreffend Ökologie und Soziales beinhaltet sein könnten, haben sowohl ca. 10 % der Lehrenden als auch der Studierenden angegeben. Dass zumindest 2 Lehrpersonen die vollständige Definition des Nachhaltigkeitsbegriffes kennen, ist erfreulich. Eine Person davon setzt auch BnE tatsächlich im Unterricht um.

Dieses Ergebnis zeigt, dass der Nachhaltigkeitsbegriff nach wie vor sehr vielseitige Zuschreibungen in der Bevölkerung erfährt, was auf die lange Zeit zurückzuführen sein könnte, in der er nicht eindeutig definiert war (vgl. Kapitel 2.1.). Vor allem die Nutzung des Begriffes im Zuge ökologischer Kampagnen dürfte den Menschen in Erinnerung geblieben sein.

Bei den Lehrpersonen fällt auf, dass der Anteil jener, die die Sustainable Development Goals kennen ca. gleich groß ist, wie jener, die Bildung für nachhaltige Entwicklung kennen. Bei den Studierenden kennt ein gleich großer Anteil die SDGs, Bildung für nachhaltige Entwicklung ist jedoch 86 % unbekannt (vgl. Abb. 31).

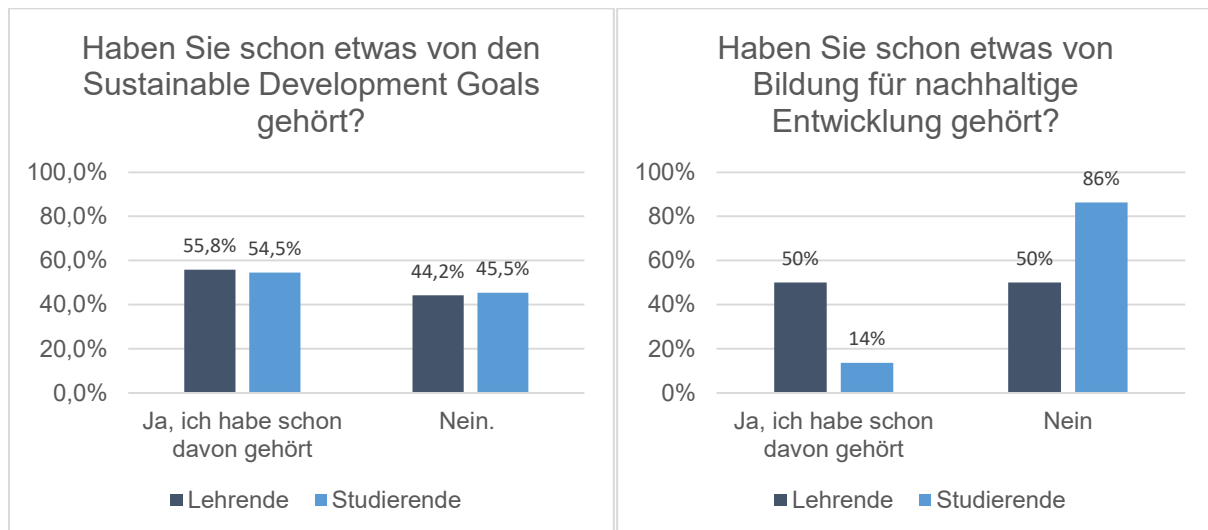


Abb. 31 Kenntnis der Begriffe Sustainable Development Goals und Bildung für nachhaltige Entwicklung im Vergleich zwischen Lehrpersonen und Lehramtsstudierenden

Burmeister und Eilks (2013a) postulierten, dass Lehrpersonen in den 2000er Jahren noch kaum eine Ahnung vom Konzept Bildung für nachhaltige Entwicklung hatten und die fehlende Kenntnis davon wohl eine mangelnde Thematisierung im Zuge der Ausbildung zugrunde liegt. Auch das kann mit der obigen Erhebung bestätigt werden. Offenbar wird Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Chemie-LehrerInnenbildung nicht oder nur sehr wenig angesprochen und Kenntnis darüber erst später im Zuge des Lehrberufes erworben. Mit den Sustainable Development Goals sind die Studierenden offenbar jedoch schon in Berührung gekommen. Das könnte einerseits daran liegen, dass sie während der UN-Dekade noch die Schule besucht haben, oder schon an der Universität waren. Wo genau sie die Entwicklungsziele kennengelernt haben, wäre interessant herauszufinden.

Entsprechend des Nachhaltigkeitsverständnisses sind auch den Sustainable Development Goals eher ökologische Themen zugeordnet worden (vgl. Abb. 32).

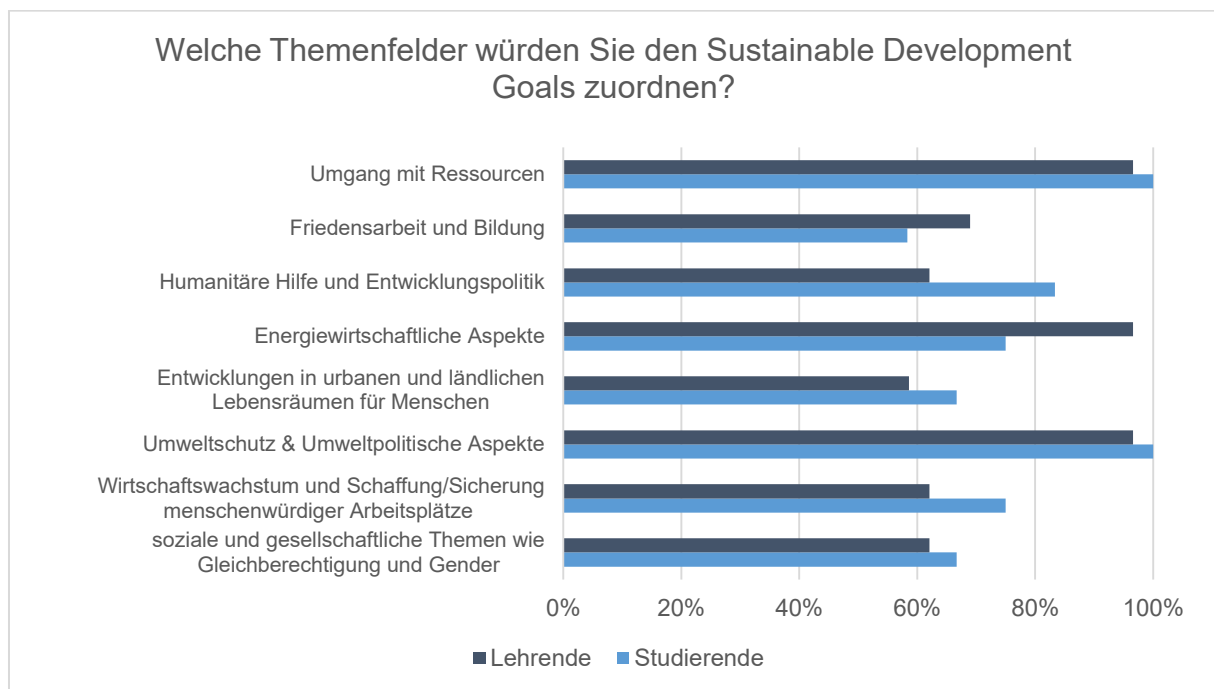


Abb. 32 Auskunftskontrollfrage zur Kenntnis der SDGs. Diese Frage dient zur Überprüfung der vorher gemachten Angaben. Sie kann also nur beantwortet werden, wenn vorher angegeben worden ist, dass die SDGs bekannt sind.

100 % der Studierenden gaben an, dass Umgang mit Ressourcen und Umweltschutz & Umweltpolitische Aspekte Teil der SDGs sind. Friedensarbeit und Bildung schnitten mit unter 60 % von Studierendensicht her am schlechtesten ab. Bei den Lehrenden wurde kein Aspekt zu 100 % zugeordnet. Umgang mit Ressourcen und Umweltschutz und – politik wurden gleichauf mit den energiewirtschaftlichen Aspekten am häufigsten genannt. Am seltensten wurde bei den Lehrpersonen „Entwicklungen in urbanen und ländlichen Lebensräumen für Menschen“ ausgewählt, auch mit leicht unter 60 %. Ein Problem könnte hier auch sein, dass die Sustainable Development Goals in Kategorien zusammengefasst wurden (vgl. Tabelle 2, Kapitel 2.3) und somit Interpretationsspielraum gegeben war, der eventuell zu diesen Zuordnungen geführt hat.

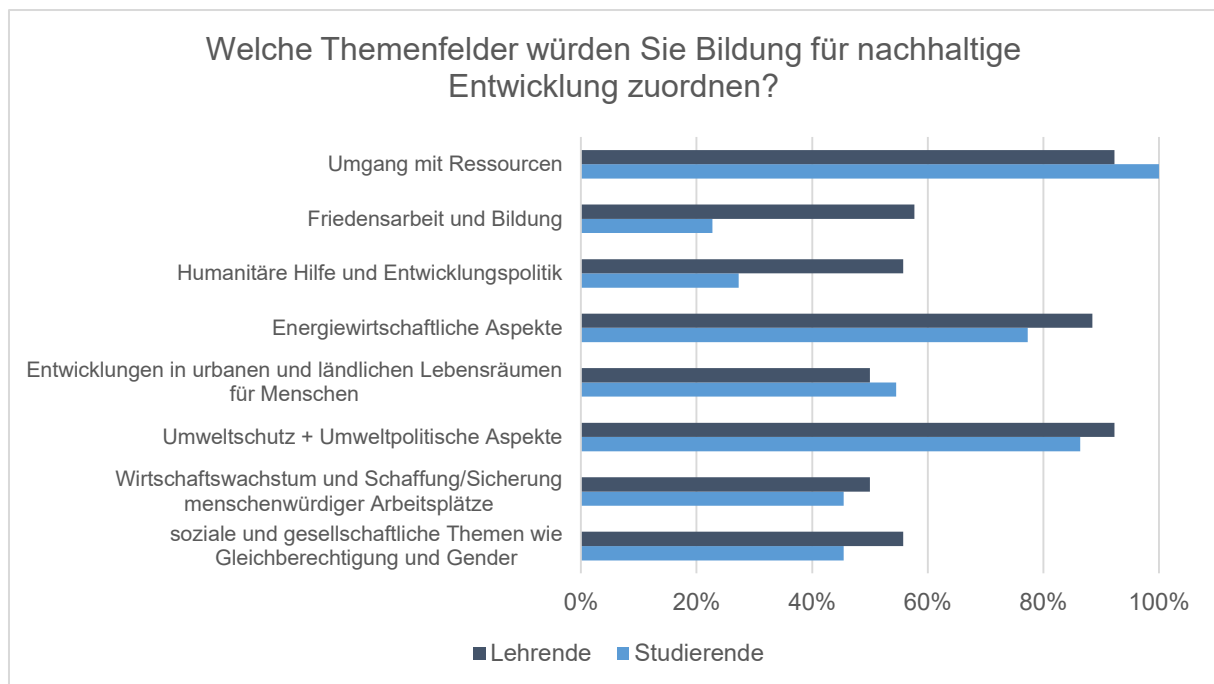


Abb. 33 Auskunftskontrollfrage zur Kenntnis des Begriffes BnE.

Auch in den Abb. 33 kann man sehen, dass Bildung für nachhaltige Entwicklung vielen Studierenden fremd ist. Diese Frage wurde jedoch auch gestellt, wenn angegeben wurde, dass man BnE nicht kennt, um zu erheben, womit es in Verbindung gebracht wird. Alle befragten StudentInnen assoziieren sie mit dem Umgang mit Ressourcen. Man kann aus den Grafiken schließen, dass ökologische Aspekte sowohl eher den SDGs (Abb. 32) als auch der BnE zugesprochen werden und soziale und vor allem wirtschaftliche Themen nicht so stark berücksichtigt werden. Das deckt sich auch mit der vorher abgefragten Definition der Nachhaltigkeit (Abb. 30).

Die Assoziationen, die von den Studierenden am seltensten gewählt wurden, sind „Friedensarbeit und Bildung“ sowie „Humanitäre Hilfe und Entwicklungspolitik“ (unter 30 %), während die Lehrpersonen vor allem Wirtschaftliche Aspekte außen vor gelassen haben. Aus der Frage, welche Themenfelder BnE zugeordnet werden, lässt sich wieder erkennen, dass sie von vielen mit Umweltbildung verwechselt werden, wie es auch Burmeister und Eilks (2013a) und Juntunen und Aksela (2014) schon beobachtet haben. Dementsprechend können diese Positionen mit der vorliegenden Untersuchung nur untermauert werden.

Ein weiterer Aspekt der Erhebung geht der Frage nach, wie die Umsetzung der BnE im Chemieunterricht funktionieren kann.

Wird Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht bereits umgesetzt?

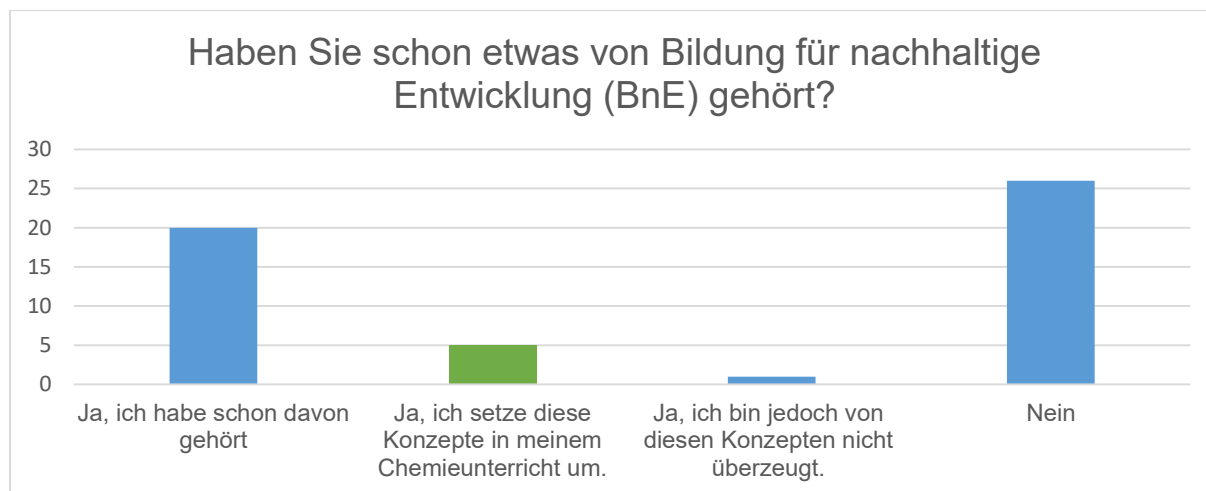


Abb. 34 Wird BnE im Schulunterricht bereits umgesetzt? Antworten der Lehrpersonen.

Fünf der befragten Lehrpersonen, also ca. 10 %, haben bei dieser Frage (Abb. 34) angegeben, dass sie BnE in ihrem Unterricht umsetzen. Sechs weitere haben später im Rahmen der Befragung angemerkt, dass sie die SDGs zumindest teilweise, ansatzweise oder gelegentlich umsetzen. Da sie jedoch bei der Frage, ob sie schon etwas von BnE gehört haben „Nein“ angekreuzt haben, wurden sie nicht zu den Fragen auf Seite 10 des Fragebogens (vgl. Anhang) weitergeleitet. Die Ergebnisse konnten jedoch trotzdem ausgewertet werden, da die betroffenen Personen relativ einfach herauszufiltern waren. Bei einer der sechs weiteren Personen hat sich herauskristallisiert, dass sie ausschließlich Umweltbildung betreibt und nicht BnE, so wie sie in dieser Arbeit definiert wird. Daher wird sie in die Auswertung nicht mit einbezogen.

Das heißt, insgesamt 10 von 58 befragten Lehrpersonen, also rund 17 %, gaben an, dass sie die SDGs in den Unterricht einfließen lassen. Wie schon vorher erwähnt, konnten weitere Daten aufgrund der Programmierung des Fragebogens nur von jenen erhoben werden, die angegeben haben, BnE im Unterricht umzusetzen (vgl. Abb. 34). Die Auswertung der anderen 5, die dies nicht angekreuzt haben, hat ergeben, dass nur einer von ihnen wirklich BnE betreibt, alle anderen setzen „nur“ Umweltbildung im Unterricht um (vgl. Kapitel 2.8).

Jene, die angegeben haben, dass sie BnE umsetzen, wurden nochmals gefragt, welche Themengebiete sie BnE zuordnen würden und haben alle bewiesen, dass sie ziemlich gut darüber Bescheid wissen und ihre Angabe, dass sie sie umsetzen, auch ernst genommen werden kann (vgl. Abb. 35).

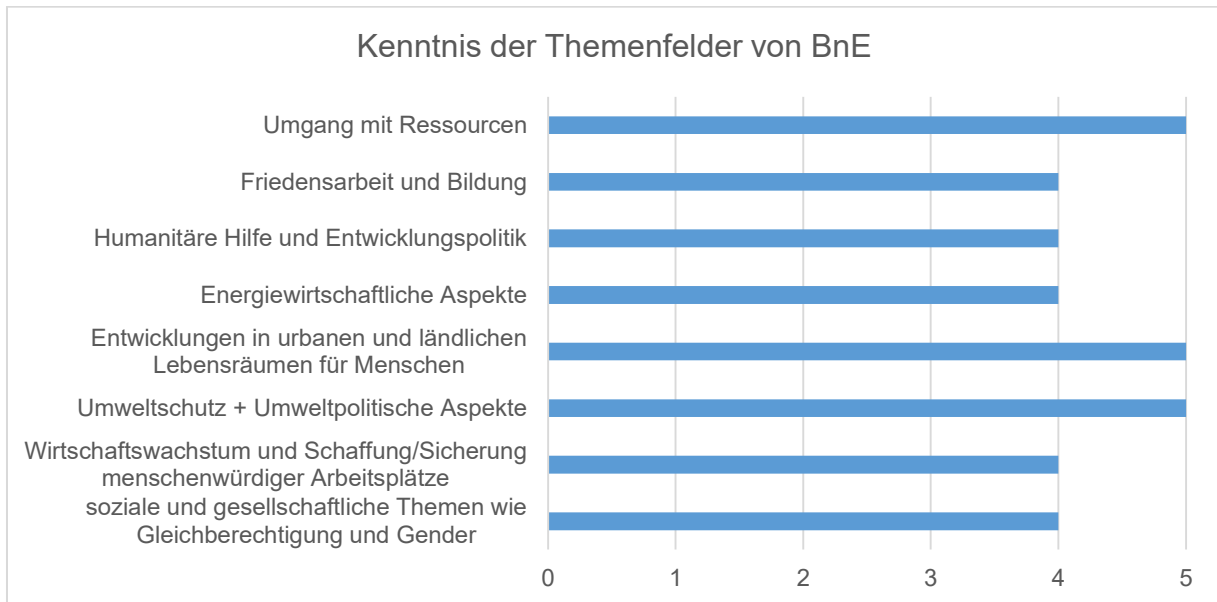


Abb. 35 Auskunftskontrollfrage zur Kenntnis der Themenfelder von Bildung für nachhaltige Entwicklung

Wie sieht die Umsetzung von BnE im Chemieunterricht aus?

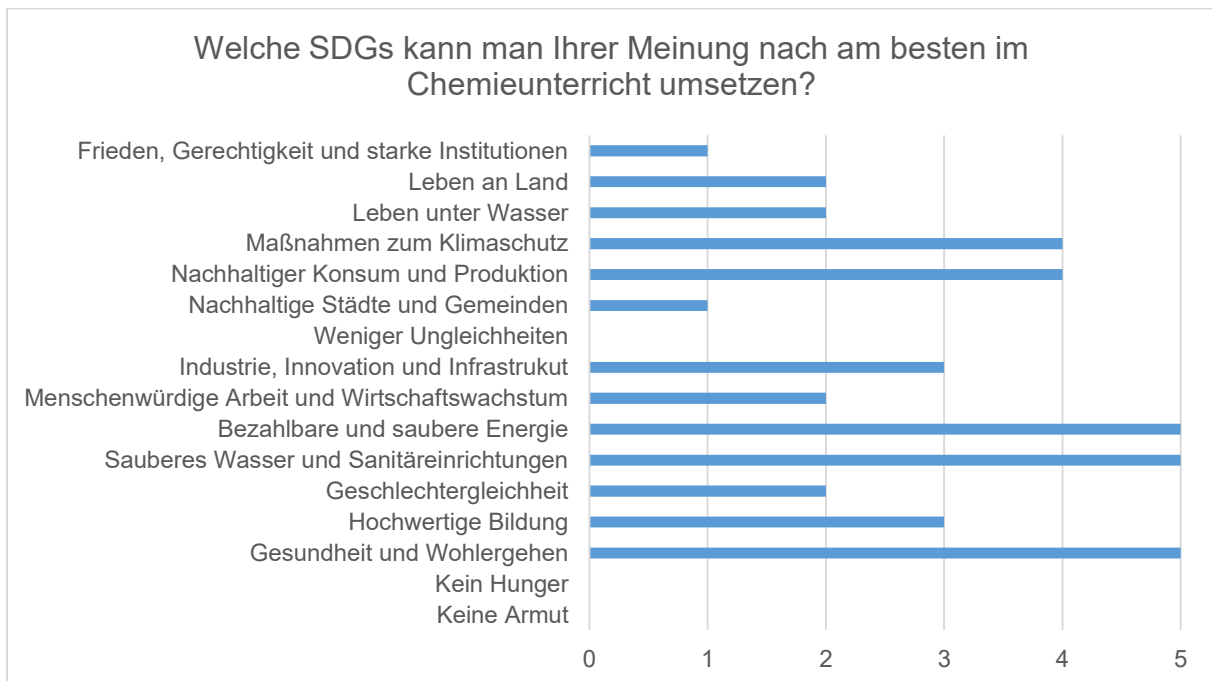


Abb. 36 Auswahl an SDGs, die man gut im Chemieunterricht umsetzen kann

Keine der Lehrpersonen, die die Sustainable Development Goals schon in ihren Unterricht einbauen, hat angegeben, dass sich die Themen „Kein Hunger“, „Keine

Armut“ und „Weniger Ungleichheiten“ im Chemieunterricht umsetzen lassen. Alle sind jedoch der Meinung, dass sich „bezahlbare und saubere Energie“, „Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“ sowie „Gesundheit und Wohlergehen“ für den Chemieunterricht eignen.

Auch hier kann man beobachten, dass sich vor allem Umweltthemen in den beliebtesten Kategorien befinden. Dass der Chemieunterricht vor allem hier die offensichtlichsten und einfachsten Anknüpfungspunkte anbietet ist unbestritten. Vorschläge, wie man jedoch auch die Themenfelder, die für sehr ungeeignet gehalten werden, in den Chemieunterricht integrieren kann, sind bei der Auflistung der einzelnen SDGs unter Kapitel 2.3. und teilweise in Kapitel 8 in den Unterrichtskonzepten zu finden.

Zur besseren Übersichtlichkeit werden die SDGs jetzt nach der besten Umsetzbarkeit (lt. Lehrpersonen, die BnE umsetzen) nochmals gereiht:

5/5	Bezahlbare und saubere Energie Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen Gesundheit und Wohlergehen
4/5	Maßnahmen zum Klimaschutz Nachhaltiger Konsum und Produktion
3/5	Industrie, Innovation und Infrastruktur Hochwertige Bildung
2/5	Leben an Land Leben unter Wasser Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum Geschlechtergleichheit
1/5	Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen Nachhaltige Städte und Gemeinden
0/5	Weniger Ungleichheiten Kein Hunger Keine Armut

Tabelle 7 SDGs, die man im Chemieunterricht am besten umsetzen kann

Je nach Altersgruppe, Lehrplan und Fachkenntnis könnte sich die Eignung der SDGs für den Unterricht unterscheiden, weshalb bei der Befragung auf die unterschiedlichen Schwerpunkte in der Sekundarstufe I und II eingegangen wird.

Umsetzung von BnE in der Unterstufe

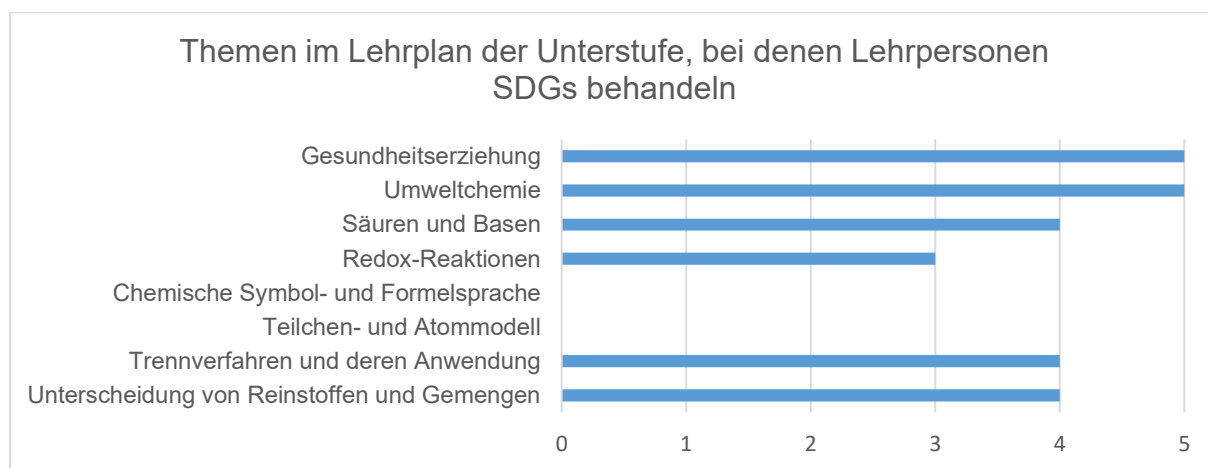


Abb. 37 Themen im Lehrplan der Unterstufe

In der Unterstufe eignen sich laut den Befragten die Chemische Symbol- und Formelsprache und das Teilchen- und Atommodell nicht für die Thematisierung von SDGs, während Umweltchemie und Gesundheitserziehung von allen für geeignet empfunden werden (vgl. Abb. 37). Der unbeliebte Einsatz von BnE bei den Redox-Reaktionen ist unverständlich, da Redox-Reaktionen die Grundlage für die meisten Arten der Energiespeicherung darstellen und sowohl für den Verschleiß aber als auch für die Gewinnung vieler Werkstoffe zuständig sind.

Im Vergleich zur Unterstufe gibt es in der Oberstufe wesentlich mehr Themen im Lehrplan, die auch detaillierter behandelt werden. Somit ist auf Seite der SchülerInnen bereits umfangreicheres Fachwissen vorhanden, wodurch mehr Sustainable Development Goals implementiert werden können, da ihre Komplexität auf fachlicher Ebene besser verständlich ist.

Umsetzung von BnE in der Oberstufe

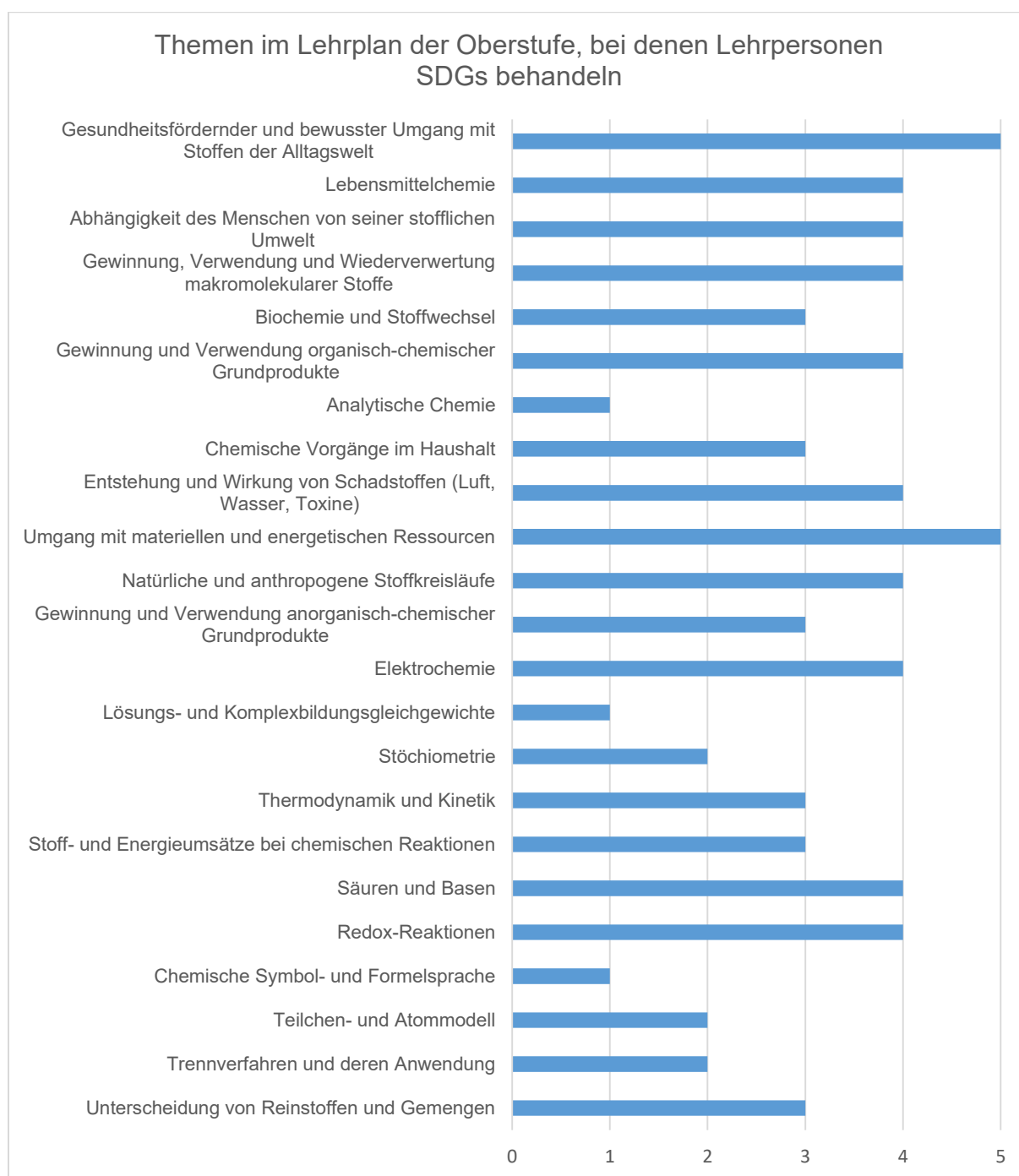


Abb. 38 Themen im Lehrplan der Oberstufe

Analytische Chemie und Lösungs- und Komplexbildungsgleichgewichte (als auch Chemische Symbol- und Formelsprache) sind Themengebiete, wo man die SDGs laut den meisten befragten Lehrpersonen nicht einbringen kann (vgl. Abb. 38). Hoch im Kurs stehen wieder der gesundheitsfördernde und bewusste Umgang mit Stoffen der Alltagswelt und der Umgang mit materiellen und energetischen Ressourcen.

Analytische Chemie – sogar in Verbindung mit Lösungs- und Komplexbildungsgleichgewichten – könnten sich jedoch hervorragend für die Umsetzung von BnE eignen. Man bedenke nur verschiedenste Wasseranalysen hinsichtlich Nitratgehalt, Härte oder Schadstoffen, die man in der Oberstufe leicht mithilfe von Testkits oder simplen Indikator-Teststäbchen durchführen kann. Betrachtet man z. B. die Härte des Wassers kann man wunderbar auf den Einsatz von Wasserenthärtern für Waschmaschinen eingehen, indem man sich damit auseinandersetzt, welche Auswirkungen die Phosphate (die meist für die Enthärtung des Wassers durch die Bindung des Calciums verantwortlich sind) auf Gewässer haben und wie man Wasserenthärter sinnvoll im Haushalt einsetzen kann. Auch das Carbonatgleichgewicht hinsichtlich der Bildung von Kesselstein in Kaffeemaschinen, Kochtöpfen,... und das Lösen des Kesselsteins durch den Einsatz saurer Lösungen ist ein Paradebeispiel, wie man schon seit Jahrzehnten umfangreich BnE im Unterricht umsetzen könnte, wenn man dabei vielleicht auch noch die Verlängerung der Lebensdauer der Geräte, etc. ansprechen würde.

Methoden für die Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung

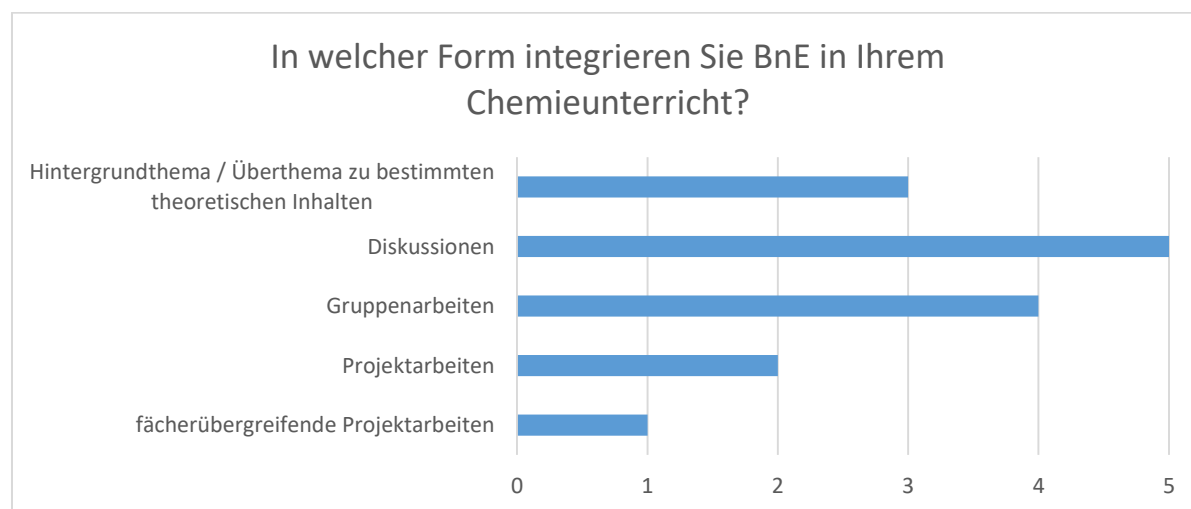


Abb. 39 Vergleich der Methoden/Sozialformen, mit denen die Befragten BnE im Unterricht integrieren

Alle fünf befragten Lehrpersonen, die BnE im Unterricht umsetzen, machen dies in Form von Diskussionen, die meisten auch als Gruppenarbeiten. Vor allem fächerübergreifende Projektarbeiten sind eher unbeliebt. Ein Grund dafür könnte sein, dass sie mit einem hohen organisatorischen Aufwand und Absprachen mit anderen Lehrpersonen verbunden und somit kompliziert umzusetzen sind.

Nur drei von fünf Personen nutzen SDGs als Hintergrund-/Überthema zu fachtheoretischen Inhalten. SDGs als Hintergrund-/Überthema ist bei denen, die die SDGs noch nicht einbauen, ebenfalls relativ unbeliebt.

Dieses sogenannte „Context-Based learning“ wäre laut Eilks (2017) jedoch ein brauchbares Tool für die Auseinandersetzung mit Themen der SDGs. Context-Based learning könnte auch das vielgenannte Problem des Zeitmangels umschiffen, da keine zusätzlichen Themen in den Chemieunterricht eingebracht, sondern die gleichen Fachinhalte in einem anderen Kontext erarbeitet werden. Außerdem soll Bildung für nachhaltige Entwicklung laut dem Österreichischen Dekadenbüro BnE (2008) nicht als zusätzliches Thema im Unterricht behandelt, sondern mithilfe neuer methodischer und didaktischer Überlegungen in den bestehenden Unterricht integriert werden (vgl. Kapitel 2.4).

Ergebnisse der fünf weiteren Personen, die im Nachhinein angegeben haben, dass sie BnE bereits umsetzen

Fünf weitere Personen haben im Zuge des Fragebogens als Anmerkung angegeben, dass sie die Sustainable Development Goals umsetzen. Bei der Frage, ob sie den Begriff „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ kennen, haben sie jedoch entweder angegeben, dass sie sie nicht kennen oder nicht angekreuzt, dass sie sie umsetzen. Dadurch wurden sie nicht zu Seite 10 des Fragebogens weitergeleitet, wo die Umsetzung genauer evaluiert wird. Um klären zu können, ob ihr Verständnis von Bildung für nachhaltige Entwicklung dem entspricht, wie sie in der Arbeit definiert ist bzw. ob sie die Sustainable Development Goals vollumfassend kennen, wurden die Antworten dieser fünf Personen nochmals gesondert herausgefiltert.

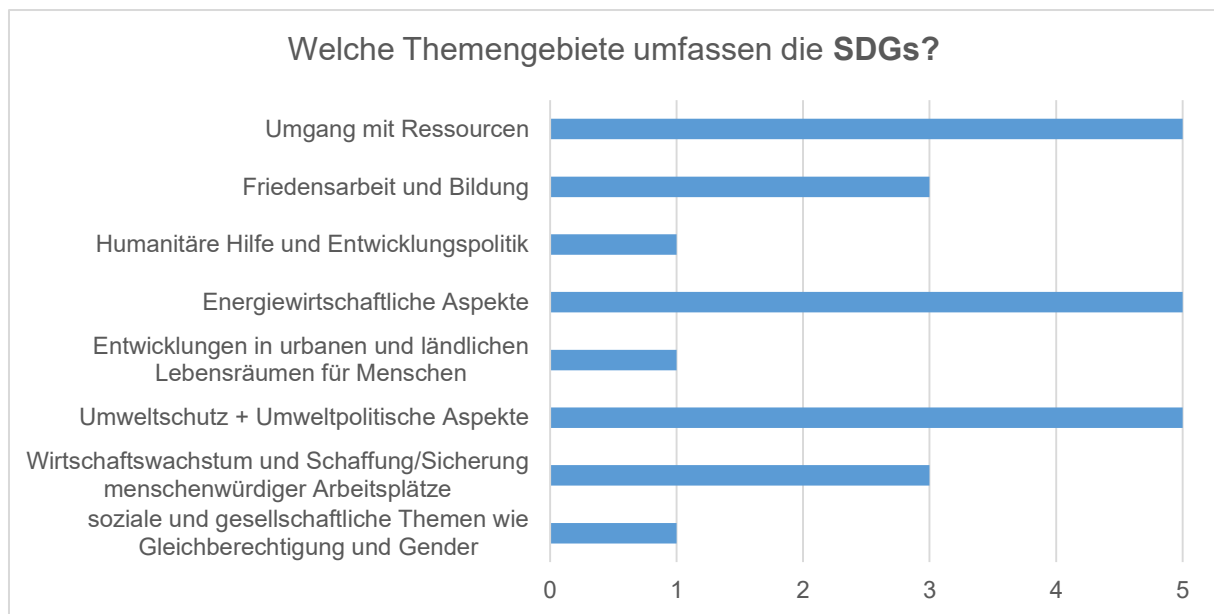


Abb. 40 Auskunftskontrollfrage bzgl. der Kenntnis der SDGs für jene, die erst im Nachhinein angegeben haben, dass sie BnE im Unterricht (zumindest ansatzweise) umsetzen

In den Datensätzen (Abb. 40) kann man sehen, dass nur eine Person wusste, dass die SDGs alle genannten Aspekte umfassen. Die anderen 4 Personen haben sich eher auf Umweltthemen konzentriert.

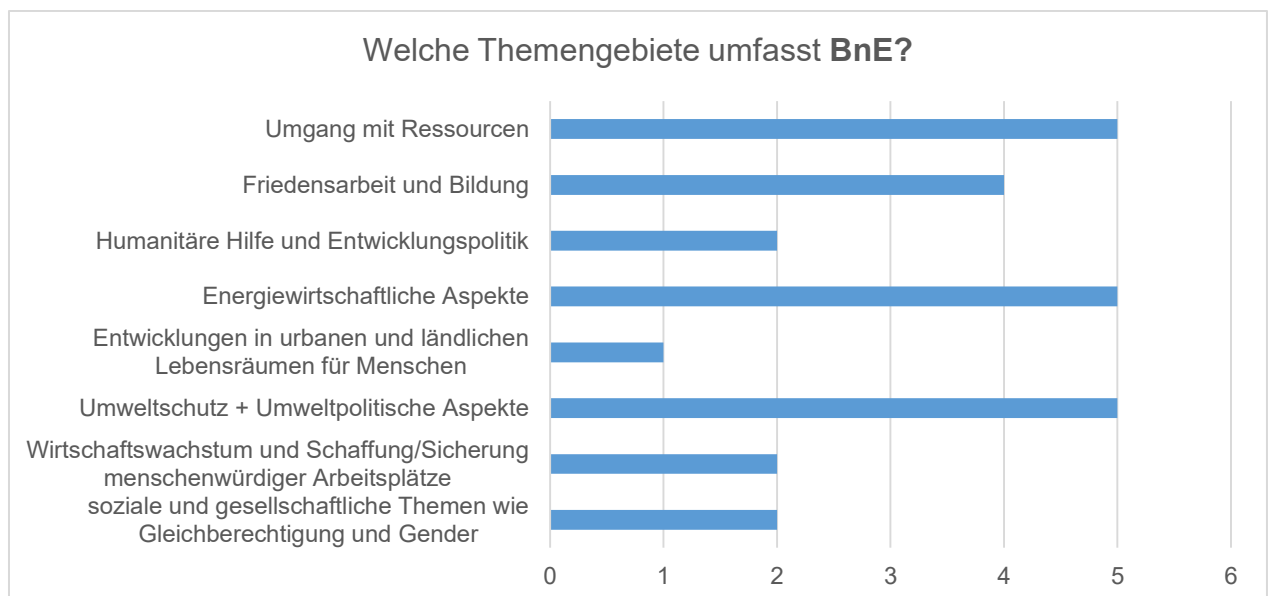


Abb. 41 Auskunftskontrollfrage bzgl. der Kenntnis der BnE für jene, die erst im Nachhinein angegeben haben, dass sie BnE im Unterricht (zumindest ansatzweise) umsetzen

Bei der Frage nach der Bildung für nachhaltige Entwicklung (Abb. 41) sieht das Bild recht ähnlich aus, wobei Friedensarbeit und Bildung, soziale und gesellschaftliche Themen als auch Entwicklungspolitik und humanitäre Hilfe öfter gewählt wurden als bei den SDGs (vgl. Abb. 40).

Auch bei den einzelnen SDGs, die man in den Chemieunterricht integrieren könnte, hat wieder nur eine Person alle angekreuzt, der Rest hat vor allem Umwelt- und Gesundheitsthemen ausgewählt (vgl. Abb. 42).

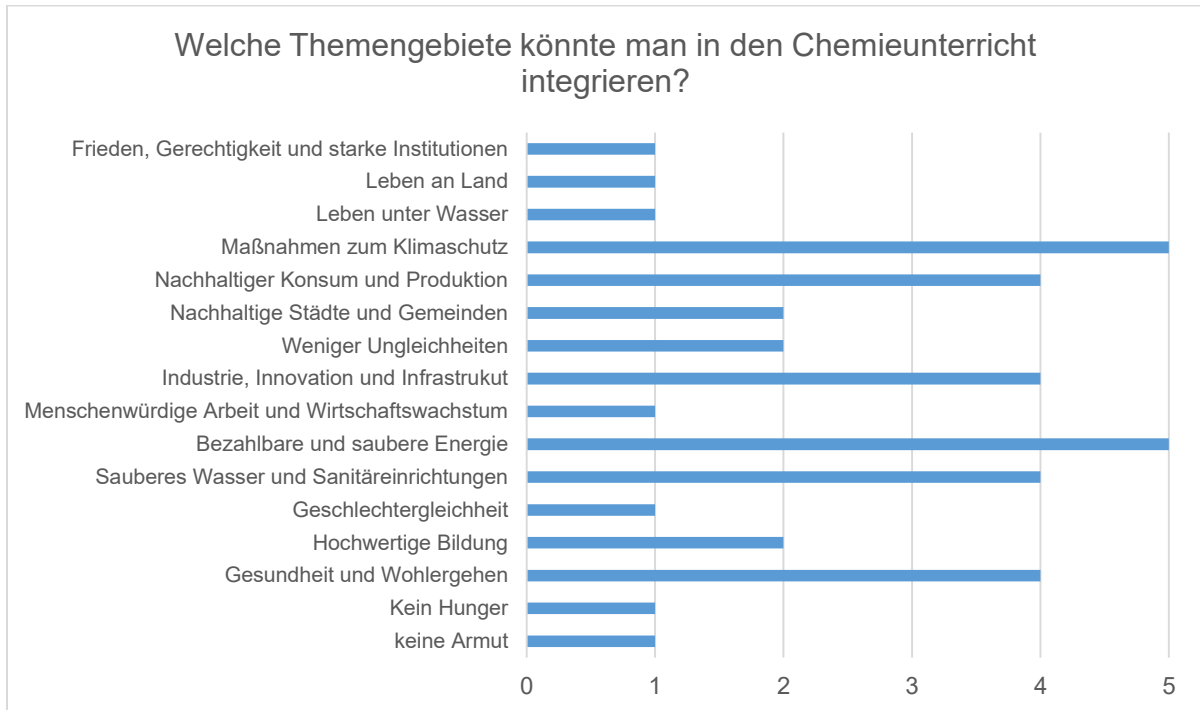


Abb. 42 Themengebiete der SDGs, die man in den Chemieunterricht integrieren könnte

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass nur eine der fünf Personen, die angegeben haben, die SDGs im Unterricht umzusetzen, zu jenen gezählt werden kann, die wirklich BnE im Unterricht implementiert. Die anderen vier betreiben vermutlich Umwelterziehung im Chemieunterricht. Zumindest sind die ausgewählten Themenbereiche alle der Umwelterziehung und teilweise der Gesundheitserziehung zuzuschreiben.

Eine Frage, die bisher noch nicht geklärt wurde, ist, warum Lehrpersonen Bildung für nachhaltige Entwicklung noch nicht im Chemieunterricht umsetzen. Damit beschäftigt sich der nächste Abschnitt.

Welche Gründe haben Lehrpersonen, Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht nicht zu integrieren?

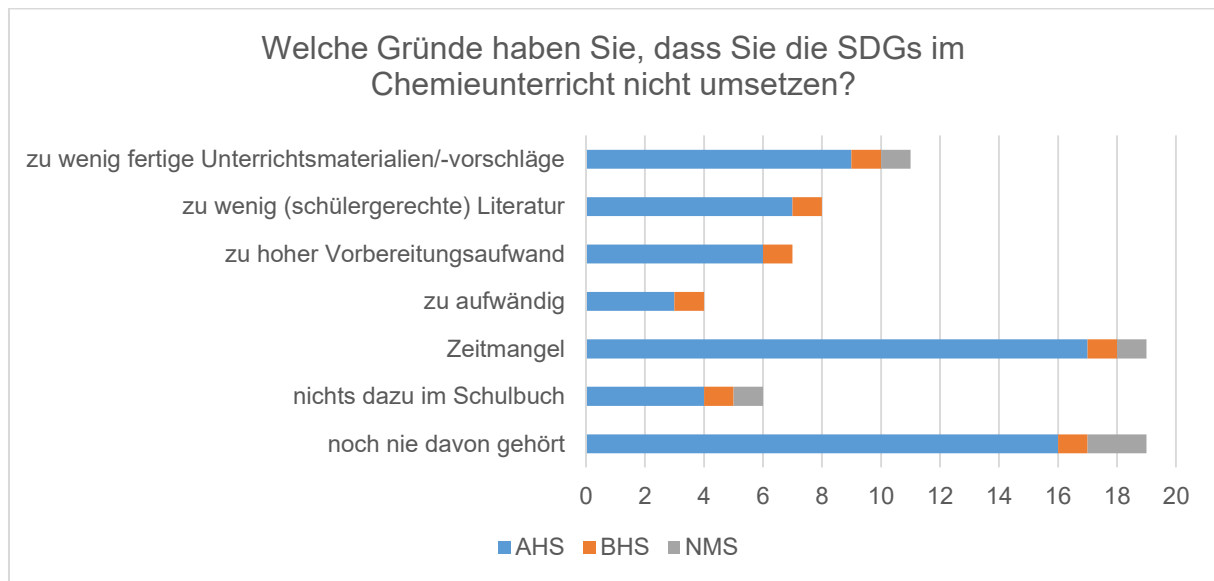


Abb. 43 Gründe für die Nichtumsetzung von BnE aufgeteilt nach der Schulform, da es in verschiedenen Schulformen verschiedene Ausgangsbedingungen geben könnte

Die Punkte

- Es ist nicht meine Aufgabe, die SDGs in den Unterricht einzubinden
- Die Themen sind für die Lebenswelt der SchülerInnen nicht relevant
- Die SchülerInnen sind noch nicht reif genug
- Die SDGs passen meiner Meinung nach zu keinen Themengebieten

wurden von niemandem ausgewählt. Um eine bessere Lesbarkeit und Übersichtlichkeit zu gewährleisten, wurden sie deshalb aus der Grafik herausgenommen.

Eine Anmerkung wurde beigelegt:

„Ich habe zwei Jahre Zeit um meine SchülerInnen in Chemie fit für die Matura und ein anschließendes Studium zu machen und muss mir bei jedem Thema, jeder Methode etc. überlegen ob ich die Reserven dafür habe.“

Es wird klar, dass für die meisten Lehrpersonen der Zeitmangel das allergrößte Problem darstellt (vgl. Abb. 43). Viele haben auch noch nie von „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ gehört. Neben mehr Zeit für die Umsetzung werden auch fertige Unterrichtsmaterialien bzw. –vorschläge gewünscht. Fehlende Materialien, Inputs und Literatur wurden nicht von so vielen Personen als Problemfelder ausgewählt.

Der Punkt „noch nie davon gehört“ lässt wieder auf mangelnde Thematisierung der BnE in der Ausbildung zurückschließen. Der Zeitmangel hat einerseits damit zu tun, dass es ein ohnehin recht straffes Curriculum für den Chemieunterricht gibt, wo viele, relativ schwierige Fachinhalte behandelt und im Optimalfall dann auch noch zeitaufwändiger Experimentalunterricht durchgeführt werden soll. Bei wenigen Wochenstunden und relativ unflexiblen Lehrplänen und zusätzlich möglichen Stundenentfall durch Projektwochen, Feiertage,... kann das schon stressig werden, wie auch die oben zitierte Anmerkung einer Lehrperson spüren lässt. Hier kommt jedoch wieder das Context-Based learning (Eilks, 2017) ins Spiel. Wenn man die Fachinhalte so aufbereitet, dass sie im Kontext eines ökologischen, sozialen oder ökonomischen Problems behandelt werden, wird einerseits ein Alltagsbezug hergestellt (der von einigen Lehrpersonen auch als sehr wichtiger Schwerpunkt im Chemieunterricht genannt wird), andererseits wird kaum Zeit für ein zusätzliches Thema vergeudet. Darüber hinaus können SchülerInnen im Zuge dessen wissenschaftliche Problemlösungsstrategien und Arbeitsweisen kennenlernen. Dass diese Scientific Literacy äußerst wichtig ist, wird in Zeiten der Covid-19-Pandemie immer offensichtlicher. Wenn alle Menschen eine Idee davon hätten, wie wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung funktioniert, würden auch die häufigen Abänderungen der Maßnahmen zur Bekämpfung der Pandemie von der Bevölkerung besser akzeptiert werden. Da viele keine Ahnung von der wissenschaftlichen Arbeitsweise haben, sind sie anfälliger dafür, die Maßnahmen als reine Willkür abzustempeln und Opfer von verschwörungstheoretischen Inhalten in sozialen Netzwerken zu werden – Scientific Literacy kann also wieder zu SDG 16 beitragen.

Die Gründe für die Nicht-Umsetzung von BnE im Chemieunterricht sind somit bekannt. Jetzt stellt sich die Frage, wie man ChemielehrerInnen dazu motivieren könnte, trotzdem BnE zu betreiben. Auch dazu wurden die Lehrpersonen befragt (vgl. Abb. 44).

Wie könnte man die Einbettung der SDGs in den Chemieunterricht attraktiver gestalten?

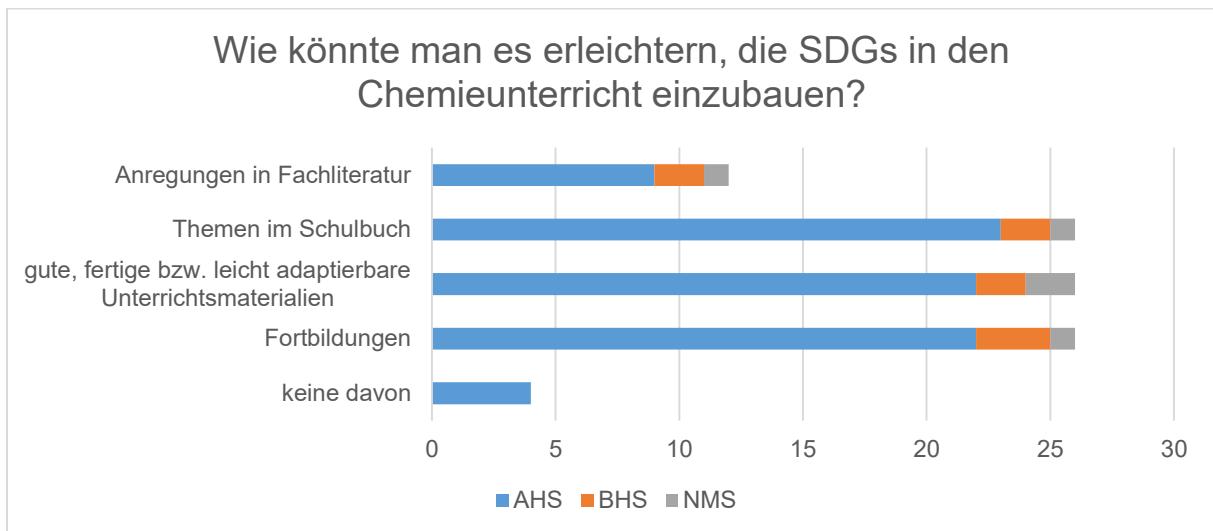


Abb. 44 Erleichterungsmöglichkeiten für die Umsetzung der BnE im Chemieunterricht

Es gab 9 weitere Anmerkungen:

- „mehr Chemiestunden“
- „Änderung der Lehrpläne“
- „Kontinuierlicher Unterricht – nicht so viele Entfallstunden“
- „mehr Unterrichtsstunden“
- „Ich versuche, diese Themen in den Chemieunterricht zu integrieren, leider scheitert es oft an der geringen Wochenstundenanzahl, die für Chemie zur Verfügung stehen. Aber wo immer es geht, versuche ich, den SuS den Blick über den Tellerrand zu ermöglichen.“
- „Ich bräuchte mehr Zeit/Stunden.“
- „Bitte keine weiteren üblen Fortbildungen, jeder der will kann das umsetzen.“
- „Stärkere Betonung schon in der Ausbildung, deutliche Präsenz im Lehrplan, Einbindung im Kompetenzmodell.“

Aus den Anmerkungen kann man nochmals herauslesen, dass vor allem der Zeitmangel ein wesentliches Problem für die Lehrpersonen darstellt. Die Hälfte der befragten Lehrpersonen (26 von 58) wünscht sich zudem mehr Input und fertige Materialien zu diesen Themen (vgl. Abb. 44).

Diesem Wunsch wird in Kapitel 8 nachgekommen.

Weitere Ergebnisse der Fragebogenstudie

Um eine Idee davon zu bekommen, wie die Umsetzung von BnE im Chemieunterricht aussehen könnte, macht es auch Sinn zu evaluieren, auf welche Schwerpunkte die Lehrpersonen in ihrem bisherigen Unterricht Wert gelegt haben bzw. was sie bis jetzt schon umgesetzt haben. Einige allgemeine Bildungsziele, wie z. B. die Stärkung der Medienkompetenz oder auch die Erziehung zu mündigen BürgerInnen, sind bereits recht eng mit BnE verwandt. Wenn dies bereits umgesetzt werden würde, wäre das eine Möglichkeit, Anknüpfungspunkte für die BnE zu finden.

Mit Blick auf diese Untersuchungsfrage ist der Vergleich zwischen den Fragen „Welche Schwerpunkte setzen Sie in Ihrem Chemieunterricht?“ (vgl. Abb. 45) und „Was sollen die SchülerInnen aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen?“ (vgl. Abb. 46) interessant zu erwähnen.

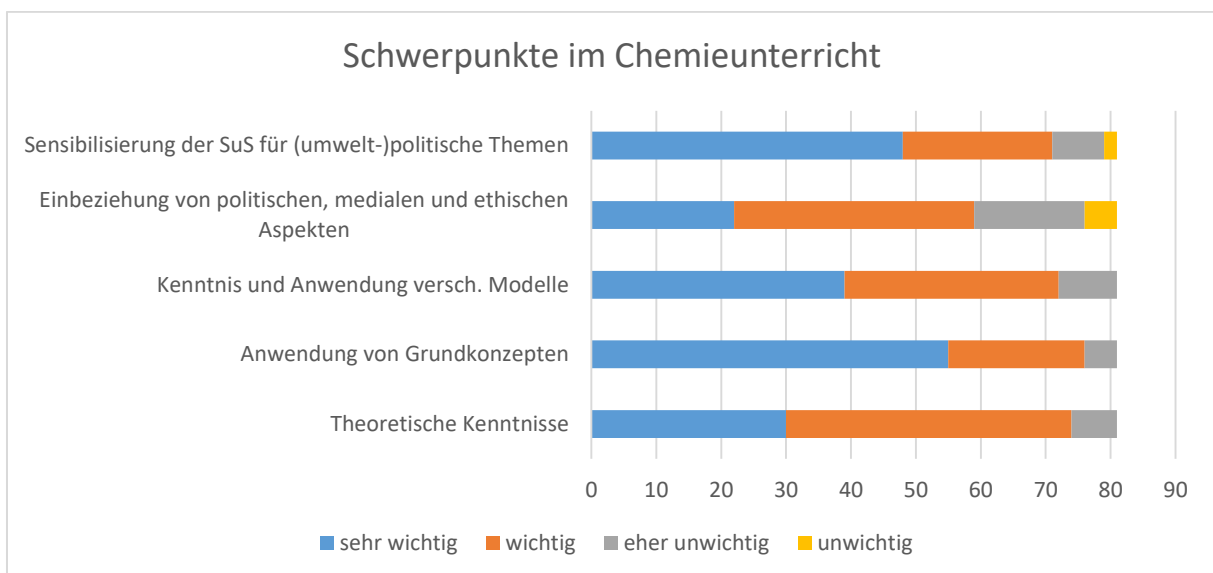


Abb. 45 Schwerpunkte, die die Befragten in ihrem Chemieunterricht setzen (würden), 4-Stufige Likert-Skala

Die Anwendung von Grundkonzepten scheint den wichtigsten Schwerpunkt im Chemieunterricht darzustellen, dicht gefolgt von der Sensibilisierung der SchülerInnen für (umwelt-)politische Themen. Interessanterweise ist die Einbeziehung von politischen, medialen und ethischen Aspekten in den Unterricht (welche zwei von drei Säulen der Nachhaltigkeit darstellen) das am wenigsten wichtige Thema, was der Sensibilisierungsabsicht wohl etwas widerspricht (vgl. Abb. 45).

Als weitere wichtige Punkte wurden von Studierenden (S) und Lehrpersonen (L) angemerkt:

S	L	
3	6	Alltagsbezug und Verknüpfung mit Vorwissen
1	5	Praktischer Laborunterricht
1	2	Scientific Literacy (Wissen über Wissenschaft und Forschung)
	1	Genderaspekte
	3	Quervernetzung von Gelerntem, Interdisziplinarität
	5	Naturwissenschaftliches Denken und Argumentieren
	1	Selbständiges Arbeiten

Tabelle 8 Anmerkungen von Studierenden (S) und Lehrenden (L) zur Frage der Schwerpunkte im Chemieunterricht
Die Zahlen stellen die Anzahl der Nennungen durch die jeweiligen Personengruppen dar.

All die weiteren angemerkten Aspekte lassen sich mit Bildung für nachhaltige Entwicklung wunderbar umsetzen. Auch die Sensibilisierung für (umwelt-)politische Themen und die daraus resultierende Mündigkeit (wichtigste Eigenschaft, die sich die SchülerInnen fürs Leben mitnehmen sollen, vgl. Abb. 46) können aus einem Unterricht, der die SDGs mit einbezieht, gelernt werden.

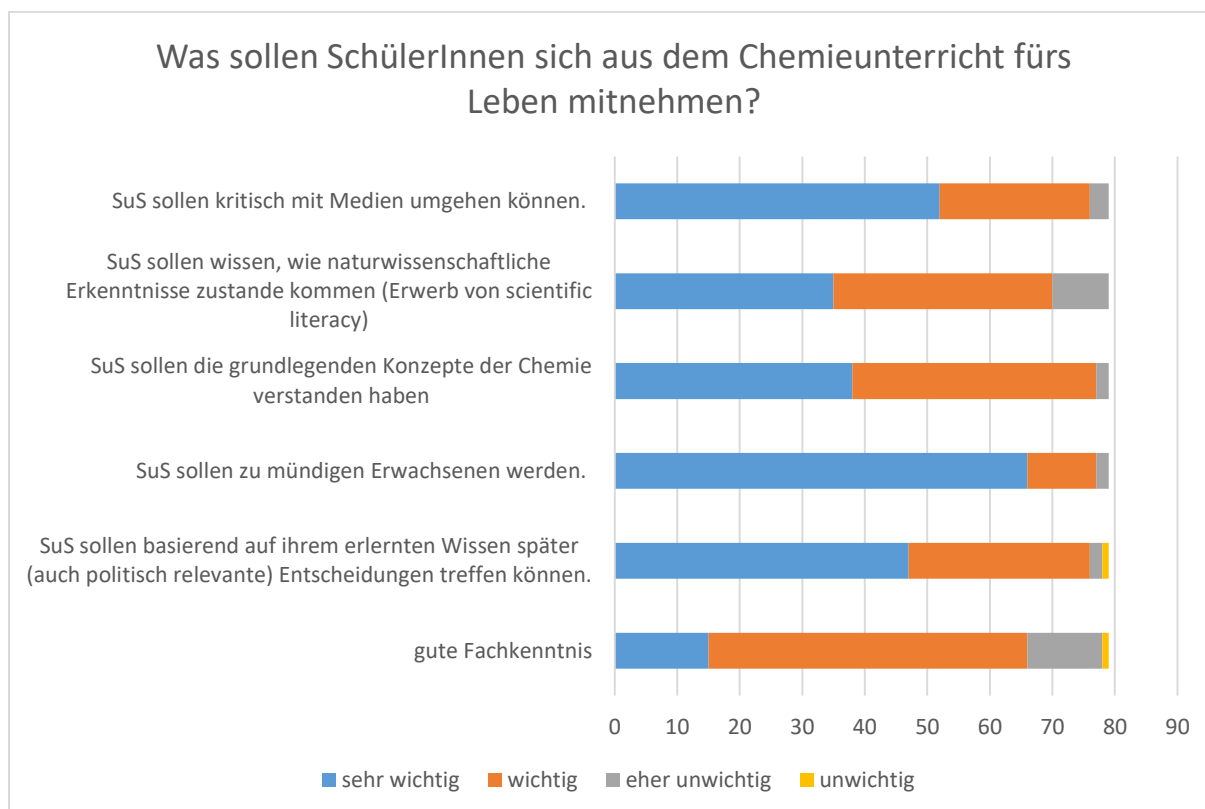


Abb. 46 Was sollen SchülerInnen sich aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen?

Folgende Anmerkungen wurden zur Frage, was sich SchülerInnen aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen sollen, noch gemacht:

S	L	
	2	Chemie ist nicht böse. Alles ist Chemie.
	1	Richtiger Umgang mit Chemikalien.
1	1	Bedeutung der Chemie im alltäglichen Leben
	2	Zusammenhänge von Stoffkreisläufen verstehen und daraus Konsequenzen ziehen
1		Interesse und freiwillige Beschäftigung mit der Chemie

Tabelle 9 Weitere Anmerkungen zur Frage, was sich SchülerInnen aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen sollten von Studierenden (S) und Lehrenden (L). Die Zahlen stellen die Anzahl der Nennungen durch die jeweiligen Personengruppen dar.

Eines der wichtigsten Dinge, die sich die SchülerInnen fürs Leben mitnehmen sollen, ist, dass sie zu mündigen Erwachsenen werden und kritisch mit Medien umgehen können. Der wichtigste Schwerpunkt im Chemieunterricht liegt jedoch in der Anwendung von Grundkonzepten. Der zweitwichtigste Punkt ist dann zwar schon die Sensibilisierung für (umwelt-)politische Themen; die Einbeziehung von politischen, medialen und ethischen Aspekte in den Unterricht dürfte aber den wenigsten besonders essentiell im Chemieunterricht vorkommen, da dieser Punkt das klare Schlusslicht in der Erhebung darstellt (Abb. 46).

Wenn man die Anmerkung von vorhin,

„Ich habe zwei Jahre Zeit um meine SchülerInnen in Chemie fit für die Matura und ein anschließendes Studium zu machen und muss mir bei jedem Thema, jeder Methode etc. überlegen ob ich die Reserven dafür habe.“,

nochmal aufgreift und sie mit den Inhalten vergleicht, die die SchülerInnen für das Leben mitnehmen sollen, könnte man ins Schmunzeln kommen. Während die Lehrkraft hier eindeutig den Fokus auf die Fachinhalte der Chemie legt, für die offenbar die meiste Zeit verwendet wird, scheint die gute Fachkenntnis (lt. Abb. 46) den meisten ChemielehrerInnen für das spätere Leben der SchülerInnen am wenigsten wichtig zu sein. Natürlich ist eine gute Fachkenntnis für die Matura und für ein aufbauendes Studium wichtig, dennoch widerspricht dies der Idee eines kompetenzorientierten Chemieunterrichts und einer kompetenzorientierten Matura.

Auch die unterschiedlichen Ansichten jener Personen, die angegeben haben, BnE im Chemieunterricht umzusetzen und jenen, die das nicht machen, sind im Hinblick auf die Untersuchungsfrage zur Umsetzung von BnE im Chemieunterricht noch erwähnenswert.

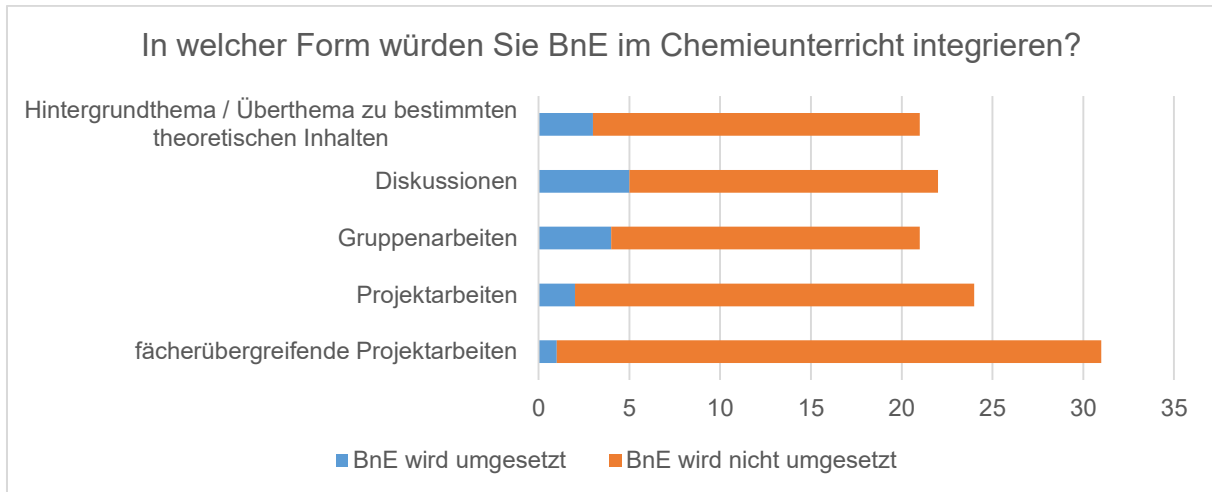


Abb. 47 Vergleich der Methoden/Sozialformen, mit denen die Befragten BnE im Unterricht integrieren würden

In Abb. 47 zeigt sich, dass fächerübergreifende Projektarbeiten die beliebteste Form der Umsetzung von BnE bei jenen Personen wäre, die sie noch nicht aktiv umsetzen (orange). Bei jenen, die bereits BnE betreiben (blau) ist es die am wenigsten beliebte Form. Es zeigt sich insgesamt ein recht gegensätzlicher Trend. Die Vermutung liegt nahe, dass sich in der Theorie fächerübergreifende Projektarbeiten sehr naheliegend und sinnvoll anhören. Die Umsetzung gestaltet sich jedoch eher kompliziert, da mehrere Personen dafür einerseits „Stunden opfern“ müssen, die sie mit anderen Inhalten füllen könnten, und andererseits auch der organisatorische Aufwand nicht gering ist.

Dass Gruppenarbeiten noch hinter Projektarbeiten angesiedelt sind, ist aus Sicht der Praxis verwunderlich, da diese mit wesentlich geringerem Aufwand verbunden sind und auch in Projekten normalerweise in kleineren SchülerInnengruppen zusammengearbeitet wird.

Context based learning (Kategorie Hintergrundthema/ Überthema zu bestimmten theoretischen Inhalten, Abb. 47) ist ebenfalls nicht besonders beliebt, obwohl es im Unterricht selbst einiges an Zeit sparen und die Inhalte wesentlich interessanter machen könnte. Das könnte am hohen Vorbereitungsaufwand und der Überwindung, etwas Neues zu probieren, liegen.

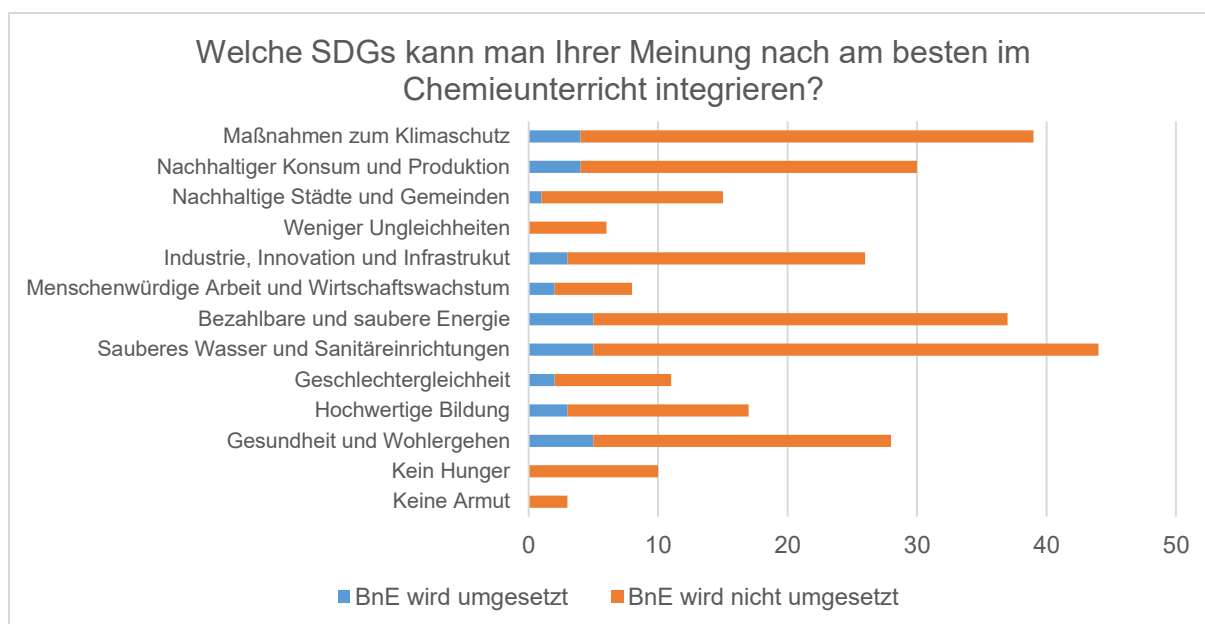


Abb. 48 Auswahl an SDGs, die man im Chemieunterricht umsetzen könnte

Bei der Frage, welche SDGs sich am besten im Chemieunterricht umsetzen lassen, gehen die Meinungen jener, die das schon machen und jener, die es noch nicht machen, nicht weit auseinander. Es sind klare Trends erkennbar zu den eher ökologischen und gesundheitlichen Themen (vgl. Abb. 48). Natürlich bieten sich gerade diese im Chemieunterricht besonders gut an, da klare Anknüpfungspunkte und auch Material dazu schon vorhanden sind, z. B. in Schulbüchern (vgl. Kapitel 2.6).

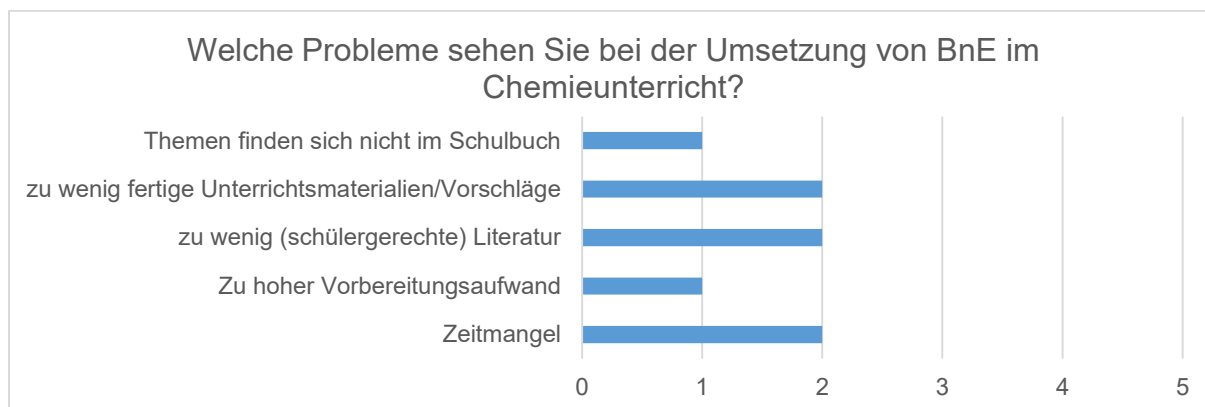


Abb. 49 Probleme bei der Umsetzung von BnE im Chemieunterricht (Erhebung nur bei jenen, die BnE tatsächlich schon umsetzen)

Die Personen, die angegeben haben, BnE im Chemieunterricht umzusetzen, wurden auch gefragt, welche Probleme sie dabei sehen. Zwei von fünf Personen geben an, dass es zu wenige fertige Unterrichtsmaterialien und –vorschläge, zu wenig Literatur und zu wenig Zeit im ohnehin schon knappen Stundenplan in der Chemie gibt. Je eine Person meinte, dass es zu wenige Themen dazu im Schulbuch gibt und es auch einen hohen Vorbereitungsaufwand darstellt (vgl. Abb. 49).

Bei der Umsetzung von BnE im Chemieunterricht werden neben Problemen auch auch einige Vorteile gesehen (vgl. Abb. 50).

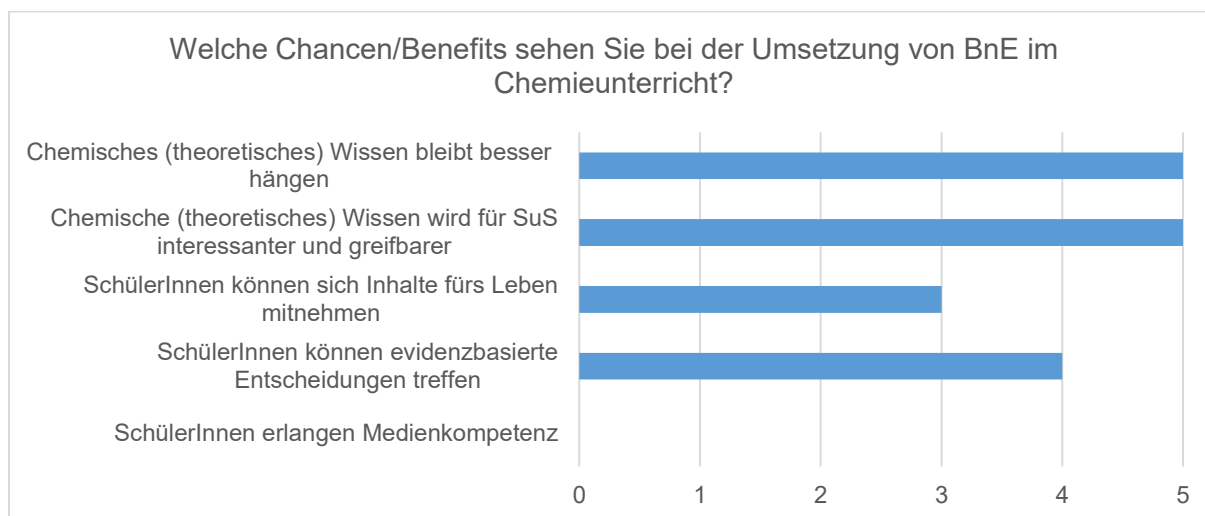


Abb. 50 Vorteile durch die Umsetzung von BnE im Chemieunterricht

Keine der fünf befragten Lehrpersonen findet, dass SchülerInnen bei der Behandlung von Themen zu BnE Medienkompetenz erwerben. Jedoch sind sie sich einig, dass theoretisches Wissen für SchülerInnen interessanter und greifbarer wird und besser hängen bleibt, wie es auch in Studien zu Context-Based learning, Socio-Scientific Issues-Based learning,... bereits nachgewiesen wurde (Parchmann *et al.*, 2007; Burmeister *et al.*, 2012; Keller & Köhler, 2016; Sadler *et al.*, 2016; Eilks, 2017).

Dass SchülerInnen keine Medienkompetenz bei der Umsetzung von BnE im Chemieunterricht erlangen, erscheint höchst verwunderlich. Hier wäre es noch höchst interessant herauszufinden, auf welche Art die Lehrpersonen die SDGs in den Chemieunterricht implementieren, also welche genauen Methoden sie dafür wählen. Wenn nämlich aktuelle Probleme besprochen werden, wird man immer irgendwelche Zeitungsberichte oder Einträge auf den Social Media Plattformen dazu finden, die man dann im Chemieunterricht auf ihre fachliche Adäquatheit überprüfen könnte. Es wäre also spannend zu überprüfen, ob die pädagogischen Prinzipien der UNESCO (Kapitel 2.7), wie z. B. Methodenvielfalt, Problemlösungsorientiertheit oder lokale Relevanz, berücksichtigt werden.

Zusammenfassend kann auf Grundlage der Ergebnisse festgestellt werden, dass nur wenige der befragten ChemielehrerInnen Bildung für nachhaltige Entwicklung in all ihren Facetten kennen und nur ein Teil davon sie auch umsetzt. Der Großteil der Lehrpersonen hat noch nie etwas davon gehört. Nachhaltigkeit wird darüber hinaus

von den meisten mit ökologischen Themen verbunden und nicht mit ökonomischen und sozialen Perspektiven verknüpft. Dementsprechend werden auch der Bildung für nachhaltige Entwicklung vor allem ökologische Themen zugeordnet.

Das Konzept BnE hat sich im Chemieunterricht noch nicht wirklich durchgesetzt. Die Untersuchung hat gezeigt, dass nur ca. 10 % der befragten ChemielehrerInnen BnE in ihren Unterricht implementieren. Einige andere setzen zumindest Umweltbildung um.

Jene, die BnE bereits im Chemieunterricht anwenden, binden die SDGs größtenteils in Form von Diskussionen im Unterricht ein und ziehen verschiedene Schwerpunkte für Gruppenarbeiten heran. Manche implementieren sie auch schon als Hintergrundthema in den Unterricht. Fächerübergreifende Projekte erfreuen sich nur geringer Beliebtheit, was an der aufwändigen Organisation liegen könnte und eine gute Zusammenarbeit innerhalb des Kollegiums voraussetzt.

Als am besten geeignet für den Chemieunterricht werden Themen empfunden, die der Umweltbildung und Gesundheitserziehung zuzuordnen sind. Wirtschaftliche und gesellschaftliche Themen (wie z. B. „Geschlechtergleichheit“, „Industrie, Innovation und Infrastruktur“ oder „nachhaltige Städte und Gemeinden“) werden nicht von allen Lehrpersonen als umsetzbar empfunden. Hier kann man also wiederum eine klare Tendenz zu Umweltbildung feststellen, was jedoch auch dem naturwissenschaftlichen Fach und den sehr offensichtlichen Verknüpfungspunkten geschuldet sein kann.

Als Hauptgrund für die Nicht-Umsetzung von BnE im Chemieunterricht wird vor allem Zeitmangel genannt. Auch die Unwissenheit über dieses Thema scheint ein großes Problem zu sein. Mehr fertige Unterrichtsvorschläge und schülergerechte Literatur könnten zumindest den Vorbereitungsaufwand minimieren.

Sieht man sich die Schwerpunkte der Lehrpersonen im Chemieunterricht an (Abb. 46 und 47) könnte man meinen, dass BnE schon einen höheren Stellenwert im Chemieunterricht haben sollte, da kritischer Medienumgang und Mündigkeit damit optimal gefördert werden können. Die Untersuchung zeigt jedoch, dass mangels Information über den Umfang von BnE und geeigneter Methoden, um die SDGs zeitsparend in den Chemieunterricht einzubetten, die Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Chemiesälen österreichischer Schulen noch eindeutig zu kurz kommt.

7 Konsequenzen

Auf Grundlage der Befragung (Kapitel 6) und der theoretischen Auseinandersetzung mit den Sustainable Development Goals und Bildung für nachhaltige Entwicklung (Kapitel 2) können nun Konsequenzen für die Praxis abgeleitet werden.

7.1 Konsequenzen für die Schule

In den Schulbüchern könnten Verweise zu anderen Fächern zu finden sein, um das Schubladendenken der SchülerInnen nach und nach zu eliminieren. Sie könnten auch so aufgebaut werden, dass sie von Haus aus fachliche Themen vor dem Hintergrund sozialer, ökologischer oder wirtschaftlicher Probleme behandeln. So würde das Problem, dass es zu wenige Unterrichtsvorschläge gibt oder der Vorbereitungsaufwand zu hoch ist, da man eigene Anknüpfungspunkte suchen muss, nicht mehr so schwer ins Gewicht fallen und der Zeitaufwand zumindest in der Vorbereitung verkleinert werden. Durch eine inklusive Gestaltung (schwierige Wörter erklären, mehrsprachige Wörterbücher, Gendersensibilität, ...) könnten die Schulbücher darüber hinaus selbst schon einige SDGs erfüllen, wie z. B. inklusive und hochwertige Bildung und Verringerung von Ungleichheiten.

Mit der vor kurzem erfolgten Umstrukturierung des Lehrplanes mit der Semestrierung ist es schwieriger geworden, den Chemieunterricht flexibel zu gestalten. Der Zeitplan ist sehr straff und die Stundenanzahl niedrig. Wenn man es schafft, die SDGs als Hintergrundthemen in den Chemieunterricht einzubetten (wie es ja auch vorgesehen ist, vgl. Kapitel 2.4), kann man das Zeitproblem minimieren. Durch fächerübergreifende Projekte wird die Beleuchtung eines Themas aus mehreren Perspektiven in den jeweiligen Fachkontext gesetzt (→ Interdisziplinarität als pädagogisches Grundprinzip), wodurch auch hier keine Zeit verloren ginge. Ein Zusammenarbeiten mit FachkollegInnen wäre dabei erforderlich, was sich schwierig gestalten kann. Nochmal zur Erinnerung:

„Lehrpersonen sind die Hauptverantwortlichen für Bildung für nachhaltige Entwicklung. Sie sind laut der österreichischen Strategie für BnE (Österreichisches Dekadenbüro BnE, 2008) dazu angehalten, BnE nicht als zusätzliche Themen in den Unterricht zu integrieren, sondern sich neue methodische und didaktische Strategien zu überlegen, wie sie die Themen in den bestehenden Unterricht einbauen können.“

Die Konzepte des Context-based-Learnings und Socio-Scientific Issues based learning würden sich als didaktische Methoden anbieten, um die Themen, so wie es ja auch vorgesehen ist (vgl. Kapitel 2.4) zeitsparend in den Chemieunterricht zu integrieren.

Das Rad muss also von den Lehrpersonen nicht mehr neu erfunden werden, es gibt schon gute pädagogische Ansätze, um die SDGs bzw. die BnE in den Chemieunterricht zu inkludieren. Diese Methoden wurden auch bereits umfangreich erforscht und resultieren in einer höheren Motivation seitens der SchülerInnen, sich mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen, da sie ihnen eine höhere Relevanz zuschreiben, als wenn sie die Fachinhalte isoliert lernen müssen (Parchmann *et al.*, 2007; Burmeister *et al.*, 2012; Sadler *et al.*, 2012; Eilks, 2017).

Wenn die staatlichen AkteurInnen unterstützend eine übersichtliche Plattform schaffen würden, bei der man für die verschiedensten Fächer gute, leicht adaptierbare Unterrichtsmaterialien ohne großen Verwaltungsaufwand hinauf- und herunterladen könnte, wäre die Zugänglichkeit zu fertigen Materialien außerdem erhöht und die Motivation zur Umsetzung würde vielleicht auch steigen. Wesentlich wäre auch, dass alle Lehrpersonen diese Plattform auch kennen und nützen können. Im digitalen Zeitalter sollte dies kein Problem darstellen und könnte als guter Lösungsansatz dienen.

7.2 Konsequenzen für die LehrerInnenbildung

Jede/r LehramtsstudentIn sollte im Rahmen seiner/ihrer Ausbildung an einer Lehrveranstaltung teilnehmen, in der die Sustainable Development Goals und Bildung für nachhaltige Entwicklung die Kernthemen sind. Das sollte Teil der pädagogischen Ausbildung sein, da BnE im allgemeinen Lehrplan vorkommt und somit Lehrpersonen aus allen Unterrichtsfächern Wissen über die SDGs und BNE, also Sachkompetenz, besitzen sollten.

In den einzelnen fachdidaktischen Disziplinen könnte interdisziplinäres Denken und Planen von Unterricht gefördert werden. Darüber hinaus brauchen die angehenden Lehrpersonen Methoden und entsprechende Toolkits für eine zeitsparende und sinnvolle Umsetzung der BnE im Unterricht → Methodenkompetenz (vgl. Kapitel 2.8).

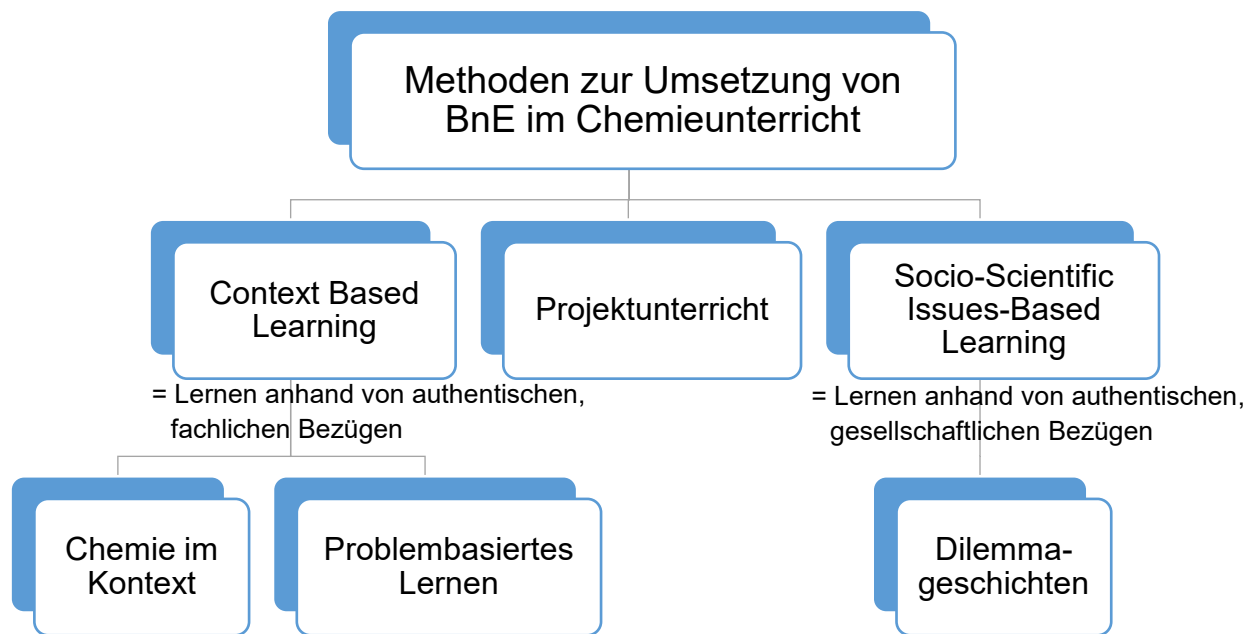


Abb. 51 Übersicht über mögliche Umsetzungsmethoden von BnE

In der LehrerInnenbildung und der Fachdidaktik sollten darüber hinaus den Studierenden Toolkits für die Inklusion aller Kinder in den Chemieunterricht mitgegeben werden. Das wird teilweise auch schon umgesetzt, jedoch könnte man den Fokus noch stärker darauf legen. Im Folgenden werden einige Eckpunkte für die gelingende Inklusion aller SchülerInnen aufgezählt.

Maßnahmen, die die Inklusion aller Kinder im Unterricht fördern

(Ziel 4 und 10: Hochwertige Bildung für alle und Ungleichheit verringern)

- Kooperative Lernformen anbieten (Matthes, 2011)
- Sprachsensibler Unterricht:
 - Schwierige Wörter/Fachbegriffe in einfachen Worten zusätzlich erklären (Randnotizen, Glossar, Vokabelheft)
 - Fachbegriffe und Fremdwörter in einen Kontext setzen
 - Fachbegriffe mit Bildern erklären
 - Beim Sprechen auf klare und korrekte Aussprache achten und sich den SchülerInnen zuwenden
- Inklusive Unterrichtsmaterialien
 - Erstellung von Arbeitsanleitungen mit gestuften Hilfen, verschiedenen Schwierigkeitsgraden oder nach dem Universal Design for Learning

- sowohl für SchülerInnen mit Lernschwierigkeiten, als auch für SchülerInnen, die besonders gefordert werden wollen (Groß, 2017)
- Erstellung von sprachsensiblen Materialien unterstützt durch Abbildungen, Erklärungen von Fachbegriffen, logischen Aufbau, kleinschrittige Anleitungen, Operatoren,... (Wild, 2016)
 - Verschiedene Möglichkeiten zur Präsentation von Ergebnissen bieten (Groß, 2013) (aber SchülerInnen nicht zu ausgefallenen Darstellungsweisen zwingen!)
 - Powerpoints, Plakate, Flipchart, Referat, Rede
 - Kreative Darstellungsweise: Graphische Darstellung, Bild malen, ...
 - Bildgeschichten oder Videos erstellen
 - Schauspielerei (kurzes Theaterstück, „Fernsehinterview“, Nachrichtenbeitrag,... vorspielen lassen)
 - Zugang zu verschiedensten Medien ermöglichen und diese auch kritisch reflektieren (Barke et al., 2018)
 - Computerraum (Internet, Online-Zeitschriften, Foren, Soziale Medien)
 - Smartphones nutzen (falls vorhanden)
 - Bibliothek
 - Filme/Videos ansehen
 - Liedertexte kritisch reflektieren (z. B. interdisziplinär im Musikunterricht)

Beispiele für Maßnahmen bei den Unterrichtsentwürfen, die die Inklusion aller Kinder fördern sollen:

Versuchsanleitung

- ☐ Zerschneidet oder hobelt die verschiedenen Gemüsesorten in möglichst kleine Stücke.
- ☐ Zerreibt sie anschließend in einem sauberen Mörser mit einem Pistill und ein bisschen Sand und Wasser.
- ☐ Gebt das zerriebene Pflanzenmaterial in Eproutetten (Reagenzgläser).
- ☐ Füllt vorsichtig ca. 1 Finger breit Öl in jede Eproutette zum Pflanzenmaterial und verschließt sie mit den Gummistopfen.
- ☐ Schüttelt die Eproutetten nun kräftig und stellt sie anschließend ab, bis sich die Phasen getrennt haben!

Phasentrennung
= Entmischung von nicht mischbaren Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser und Öl

Notiert hier, was ihr beobachten könnt oder fertigt eine Skizze an!

Abb. 52 Sprachsensible Versuchsanleitung zur Löslichkeit von Carotinoiden

Durch das Unterstreichen (Abb. 49) kann man Kindern mit Konzentrations-schwierigkeiten helfen, sich auf das wesentliche zu fokussieren. Die eckigen Aufzählungszeichen sind zum Ankreuzen des jeweiligen Arbeitsschrittes gedacht, so wird kein Arbeitsschritt vergessen. Durch die Randnotiz wird das Fachwort Phasentrennung erklärt. Den SchülerInnen wird offen gelassen, ob sie ihre Beobachtungen lieber schriftlich festhalten oder graphisch.

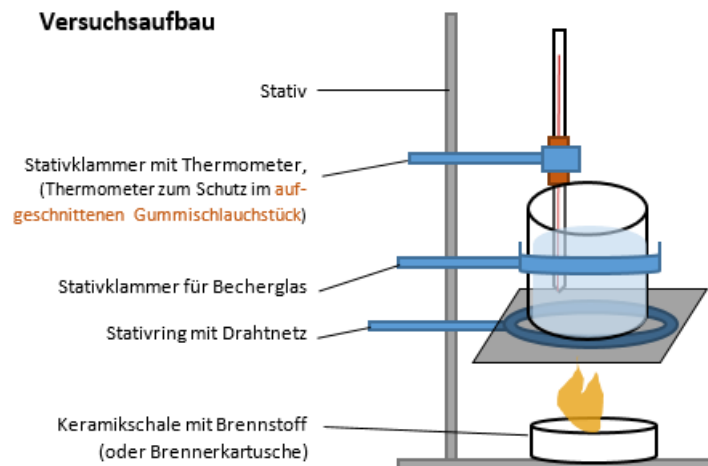


Abb. 53 Sprachsensible Visualisierung des Versuchsaufbaues für die Messung des Wirkungsgrades

Bei Abb. 53 wird jedes Laborgerät benannt, und der Aufbau durch eine Grafik dargestellt, sodass es für die SchülerInnen leichter wäre, selbständig die Apparatur aufzubauen. Die Materialliste könnte mithilfe der Abbildung auch leichter verständlich gemacht werden. Die Grafik wurde mit Microsoft Word angefertigt, man braucht also kein spezielles Programm. Da die SchülerInnen das Experiment in der Unterrichtsplanung nicht selbst aufbauen, ist diese Grafik zwar hinfällig, legt man jedoch Wert darauf, könnte man jede Gruppe selbst 1 Station aufbauen lassen mithilfe der Anleitung und so den Umgang mit Laborgeräten, den Aufbau von Apparaturen und Sicherheitsvorkehrungen üben und festigen.



Protokoll

Qualitativer Nachweis von Schwermetallen in wässriger Lösung

Versuchsplanung

Was habt ihr vor?

Versuchsdurchführung

Skizziert, wie ihr den Versuch durchführen wollt (z. B. Positionen auf einzelnen Tüpfelplatten)

Beobachtung

Probennr.	NaOH	NH ₃	KI	NH ₄ SCN

Interpretation

Was könnt ihr aus
euren
Beobachtungen
schließen?

Abb. 54 Beispiel für eine Protokollvorlage aus dem Versuch zur Analyse von Schwermetallen in wässrigen Lösungen

Die Protokollvorlage dient dem leichteren Abarbeiten des Versuches und dem besseren Verständnis der wissenschaftlichen Arbeitsweise. Die Fachbegriffe werden noch einmal in kurzen Sätzen erklärt (Barke *et al.*, 2018).

- SchülerInnenzentrierten Unterricht gestalten
 - Inquiry Based Learning: SchülerInnen sollen selbst zu den Themen recherchieren lernen (stärkt gleichzeitig Medienkompetenz)
 - SchülerInnen sollen diskutieren
 - SchülerInnen sollen sich kreative Lösungsmöglichkeiten fachbasiert ausdenken
 - SchülerInnen sollen selbst experimentieren dürfen

- Adäquate Themen auswählen
 - SchülerInnen sollten fachlich in der Lage sein, sie zu bearbeiten
 - Die Themen sollten in ihrer Komplexität bereits begreifbar sein (Vorwissen z. B. auch aus anderen Unterrichtsfächern berücksichtigen und aktivieren (Anton, 2018))
 - Sie sollten sich natürlich in die Fachinhalte einpassen und nicht unnatürlich und zwanghaft eingebettet werden
 - Sie sollten für die Lebenswelt der SchülerInnen Relevanz haben

Diese Maßnahmen kann man in allen Unterrichtsfächern gleichermaßen berücksichtigen. Sie beziehen sich (außer evtl. das Experimentieren) nicht ausschließlich auf den naturwissenschaftlichen Unterricht und zeigen, wie unkompliziert BnE grundsätzlich umgesetzt werden kann.

8 Möglichkeiten der Thematisierung von Nachhaltigkeit im Chemieunterricht – Vorschläge für Unterrichtsplanungen

Laut Juntunen & Aksela (2014) bieten sich für den Chemieunterricht besonders umweltrelevante Themen an und welche Auswirkungen chemische Substanzen bzw. Schadstoffe auf die Umwelt, Ökosysteme und die in ihr lebenden Organismen haben. Das zeigt auch die durchgeführte Fragebogenstudie (vgl. Kapitel 6).

Da diese ausgewählten Themen der Umweltbildung angehören und ohnehin seit langem in den Chemieunterricht implementiert werden, sollen im Folgenden Themen behandeln werden, die (auch) soziale und wirtschaftliche Aspekte behandeln, um zu zeigen, dass diese sich ebenfalls gut in den Chemieunterricht einfügen können.

8.1 Goldgewinnung

Lehrplanbezug (7. Klasse/ 6. Semester)

- Gewinnung und Verwendung anorganisch-chemischer Grundprodukte
- Natürliche und anthropogene Stoffkreisläufe
- Umgang mit materiellen und energetischen Ressourcen
- Entstehung und Wirkung von Schadstoffen (Luft, Wasser, Toxine)
- Analytische Chemie

Einbettung: Hintergrundthema über ein ganzes Semester

Thematisierte SDGs

Gesundheit und Wohlergehen

Sauberes Trinkwasser und Sanitäreinrichtungen bzw. Leben unter Wasser

Menschenwürdige Arbeit

Nachhaltiger Konsum und Produktion

Fachliche Klärung

Methodischer Hinweis

Die Goldgewinnung kann entweder mittels Frontalunterricht vermittelt werden, oder durch Selbststudium / Recherche. Man kann den SchülerInnen auch die nachfolgende fachliche Klärung als Input geben oder sie in Gruppen Kurzpräsentationen zu den jeweiligen Gewinnungsmethoden machen lassen. Da bei dem ganzen Unterrichtsentwurf bereits sehr viel auf Selbststudium und Recherchearbeit gesetzt

Methodenvielfalt
(Kap. 2.7)

wurde, würde ich jedoch auf Frontalunterricht oder kurze Präsentationen setzen, um die SchülerInnen nicht zu demotivieren.

<https://www.ardmediathek.de/wdr/video/planet-wissen/faieres-gold/wdr-fernsehen/Y3JpZDovL3dkci5kZS9CZWl0cmFnLTBIOWFiMGJjLWVjNjYtNGUzYy1iNTU3LTk4M2YxY2E3NjliNQ/> (Zugriff am 08.02.2021)

Der obige Link ist ein 6-minütiges Video zum Thema „Faires Gold“, bei dem das Amalgamverfahren kurz angesprochen und gezeigt wird, wie die Arbeitsbedingungen im konventionellen Goldbergbau aussehen.

Goldgewinnung

Gold kommt im Gegensatz zu anderen Metallen gediegen, also elementar, vor. Die meisten anderen Metalle bilden Verbindungen mit Sauerstoff (Oxide), Schwefel (Sulfide), Carbonate oder andere Salze aus, aus welchen sie durch chemische Prozesse extrahiert werden müssen.

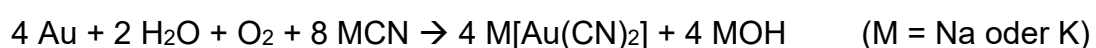
- Goldwaschen

Unter Gold waschen versteht man das Aufschlännen von goldhaltigem, feinem Gestein. Durch seine hohe Dichte bleibt Gold nach mehrfacher Trennung von leichterem Gestein durch den Weitertransport mithilfe von Wasser zurück. Als Arbeitsgerät kommt (im kleinen Maßstab) dafür ein Sichertrog (umgangssprachlich „Goldpfanne“) zum Einsatz (Honer & Zapf, 2008). In den österreichischen Hohen Tauern befand sich im 14. und 15. Jahrhundert das größte Gold-Abbaugelände Europas. Noch heute kann man in Rauris und im Gasteinertal Gold waschen (Tourismusverband Rauris, 2020). Im Großindustriellen Maßstab werden sogenannte Waschrinnen (Rinnen mit kleinen Stufen) verwendet, die nach dem gleichen Prinzip funktionieren (chemie-schule, 2020; Honer & Zapf, 2008)

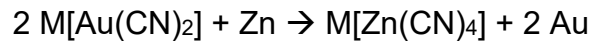
- Cyanidlaugung

Ein Großteil des Goldes wird seit den 1970er Jahren mittels Cyanidlaugung gewonnen. Dabei werden Gold und Silber mithilfe von Kalium- oder Natriumcyanid aus fein gemahlenem Gestein herausgelöst, was schon bei relativ geringen Goldgehalten wirtschaftlich ist. Dabei werden allerdings auch viele andere Schwermetalle freigesetzt (Honer & Zapf, 2008).

Das goldhaltige Gesteinsmehl wird mit Kalium- oder Natriumcyanid versetzt, wobei sich unter Luftzufuhr ein wasserlösliches Dicyanidoaurat ($[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$) bildet.



Das Gold wird mit Zink im Zuge einer Elektrolyse reduziert, wobei sich ein Zinkcyanidkomplex bildet.



Nach Aufkonzentrierung, Filtration, Waschen, Trocknen und Schmelzen bekommt man Rohgold (ebd.).

Die giftigen Cyanide werden recycelt und immer wieder verwendet. Bei Unglücken sind jedoch schon des Öfteren erhebliche Mengen in die Umwelt gelangt und somit giftiges Cyanid, aber vor allem auch Schwermetalle freigesetzt worden (ebd.).

- Amalgamverfahren

Beim Amalgamverfahren wird Gestein mit wenig Goldgehalt gemahlen und mit Quecksilber versetzt. Gold löst sich außergewöhnlich gut in flüssigem Quecksilber und bildet ein Amalgam. Dieses hat eine größere Dichte, als das Quecksilber und sinkt ab. Mit Wasser wird das überschüssige Gestein ausgespült. Durch Verdampfen von Quecksilber wird reines Gold gewonnen (ebd.).

Sehr oft wird das Amalgamverfahren in nicht-genehmigten Goldgewinnungsstätten, wie sie z. B. im südamerikanischen Regenwald häufig vorkommen, angewendet. Mangels Einhaltung von Maßnahmen zum Umweltschutz wird durch das Verdampfen und Auswaschen sehr viel giftiges Quecksilber emittiert (Honer & Zapf, 2008; Spiegel, 2015).

Globaler Quecksilberkreislauf

Quecksilber kommt natürlich als Zinnober (HgS) oder gediegen vor. Die wichtigsten Minen Europas waren in Spanien (Almadén, 2003 geschlossen) und Slowenien (Idria, 1970 geschlossen) (Jirsa, 2019). Seit Unterzeichnung des Minamata-Übereinkommens zur Reduktion von Quecksilberemissionen werden der Primärbergbau und der Handel mit quecksilberhaltigen Produkten, wie z. B. Quecksilberdampflampen, eingeschränkt (Umweltbundesamt, 2016).

Aber auch, wenn Quecksilber selbst nicht mehr abgebaut werden würde, wird es nach wie vor auf natürlichem Weg emittiert. Natürliche Quellen sind unter anderem Vulkanausbrüche und Emissionen aus geothermalen Quellen, wie z. B. Geysire. Anthropogene Quellen stellen der Silber- und Goldbergbau (Amalgamverfahren),

Verbrennung von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Müllverbrennung, die Zementproduktion und das Rösten von sulfidischen Erzen dar. Insgesamt werden pro Jahr ca. 4 400 Tonnen Quecksilber emittiert, seit 1850 sind rund 200 000 Tonnen des Schwermetalls durch Menschenhand freigesetzt worden. In der Umwelt liegt Quecksilber dann elementar als Quecksilberdampf in der Atmosphäre, teilweise adsorbiert an Partikel, Hg^{2+} als Chlorid, Oxid oder Sulfid und auch organisch gebunden vor. Gerade organische Hg^{2+} -Verbindungen sind sehr gut bioverfügbar und reichern sich so entlang der Nahrungskette vor allem in aquatischen Organismen an (Jirsa, 2019; Krachler, 2020).

Vor allem Raubfische, die eine sehr hohe trophische Ebene besetzen, sind sehr stark belastet, weshalb Höchstwerte von 1 mg/kg Quecksilber im Frischgewicht für Raubfische und 0,5 mg/kg für andere Fische festgelegt wurden. Besonders schwangere sollten auf den Verzehr von Raubfischen, wie z. B. Thunfisch, Hecht oder Stör verzichten, da die darin vorkommenden organischen Quecksilberverbindungen hoch lipophil sind und die Plazenta passieren können (Jirsa, 2019).

Quecksilber wird vor allem durch Mikroorganismen (Archeen und sulfatreduzierende Bakterien in Sedimenten) unter anaeroben Bedingungen durch Methylierung bioverfügbar gemacht, wodurch Methylquecksilber oder Diorganyle (R-Hg-R) entstehen. In der Atmosphäre haben diese Verbindungen nur eine kurze Lebensdauer, da sie durch höhere Temperaturen und Strahlungsenergie leicht gespalten werden können (homolytische Spaltung und Radikalbildung). Die hohe Giftigkeit von Quecksilber und seinen organischen Verbindungen ist auf die lipophilen Eigenschaften und die geringe Größe zurückzuführen, da so die Passage von Blut-Hirn- und Blut-Plazentaschranke möglich ist. Quecksilberdämpfe können außerdem leicht die Alveolen passieren und so schnell ins Blut gelangen. In der Leber, an den Erythrozyten und im Gehirn wird das elementare Quecksilber dann zu Hg(II) oxidiert, das sich bei chronischer Belastung anlagern und zu Nervenschäden führen kann (z. B. „Hutmachersyndrom“ im 18. Jahrhundert) (Krachler, 2020).

Umweltbelastungen durch den Goldbergbau

Aufgrund der großen Menge an Sediment, die im Zuge des Goldwaschens durch das Mahlen des Gesteins produziert wird, werden Gewässer oft mit großen,

schwermetallhaltigen Sedimentfrachten belastet. Das Sediment führt einerseits zu einer Trübung von Gewässern, andererseits lösen sich auch die teilweise giftigen Schwermetalle, die noch darin vorhanden sind, im Wasser. Wasserorganismen sind durch die ständige Sedimentverlagerung einem ununterbrochenen Wandel ihres Lebensraumes ausgesetzt, was vor allem für solche ein Problem ist, die ihre Eier ins Sediment ablegen. Darüber hinaus nehmen sie die in der Natur sehr beständigen Schwermetalle auf, wodurch sie entweder beträchtlichen Schaden nehmen können und/oder sich das Gift entlang der Nahrungskette akkumuliert (Honer & Zapf, 2008). Dies ist dann nicht nur für die Tiere ein Problem, sondern auch für die Menschen, die sich z. B. von den Fischen, Krebsen, Muscheln,... ernähren.

Auch Acid Mine Drainage, also saure Auswaschungen aus den Abbaustätten, stellt ein großes Problem dar, da Grund- und Oberflächenwasser in Minennähe dadurch teilweise hohe Schwermetallbelastungen aufweisen (Haag, 2020).

Goldbergbau in Südafrika – Acid Mine Drainage

Vor ca. 140 Jahren wurde in einem Gebirgszug nahe der Hauptstadt Johannesburg eine der weltweit größten Goldlagerstätten gefunden. Durch den Goldbergbau wuchs die Bevölkerung in Johannesburg und seiner Umgebung rasch an und die Versorgung mit Trinkwasser wurde zunehmend schwieriger (ebd.).

Der goldreiche Gebirgszug Witwatersrand besteht aus Dolomit, also einem Kalkgestein. Wie auch bei anderen Kalkgesteinen bilden sich durch Niederschläge Karstsysteme aus, die Flüsse und Grundwasservorkommen speisen (ebd.). Ein Problem bei Karstgrundwässern ist, dass sie durch die schlechte Filterwirkung im Boden und den schnellen Wasserdurchsatz sehr anfällig für Kontamination sind. Aus diesem Grund gibt es in Europa Schutzgebiete, in denen Bauarbeiten, Einsatz von Lösungsmitteln, wassergefährdende Industrieanlagen und Deponien, Bohrarbeiten und Abbau von Minerallagerstätten verboten oder eingeschränkt sind (Hielscher, 2001).

Am Witwatersrand gibt es eine ca. 7500 m dicke Schicht mit goldführendem Gestein, wobei auch der Gehalt an dem Begleitmineral Pyrit (FeS , Katzensgold) sehr hoch ist. Durch die Errichtung von bis zu vier Kilometer tiefen Minensystemen wird einerseits

der Erdboden instabil, was sich an der Oberfläche teilweise in Form von Senklöchern abzeichnet, und andererseits gelangt Wasser in die Minenschächte. Im Wasser verlassener Minenschächte lösen sich beträchtliche Mengen an Pyrit, wodurch in Verbindung mit Sauerstoff Eisenhydroxid und Schwefelsäure entsteht und der pH-Wert stark sinkt. Das saure Wasser löst in weiterer Folge auch andere Schwermetalle aus dem Umgebungsgestein heraus. Durch Spalten und Risse im Kalkstein gelangt dieses stark belastete Wasser ins Grund- und teilweise angrenzende Oberflächenwasser, wie z. B. den Tweelopiespruit, der über den Bloubankspruit in den Crocodile River entwässert. Der Crocodile River ist für Johannesburg sehr wichtig, da er auf das Grundwasser im Norden der Stadt Einfluss hat (Haag, 2020).

Gesundheitliche Auswirkungen

Sehr viele MinenarbeiterInnen leiden unter einer Staublunge, einer Lungenkrankheit, bei der Vernarbungen des Lungengewebes durch chronische Exposition gegenüber von Steinstaub entstehen kann. Durch Maßnahmen zum Arbeitsschutz (Atemschutzmasken) kann dem vorgebeugt werden (Ambulantes Lungenzentrum Essen, 2020). Im Jahr 2011 ist daher eine Sammelklage gegen fast alle großen Goldbergbaubetriebe Südafrikas vorbereitet worden, da geschätzte 300 000 ehemalige ArbeiterInnen unter einer Staublunge oder Tuberkulose leiden (die Tuberkuloseanfälligkeit steigt aufgrund von Vorerkrankungen) (Bröll, 2011).

Verwendung von Gold

Weltweit wurden 2018 ca. 3 350 Tonnen Gold gefördert. Um ein Gespür für die Mengen zu bekommen: Im Vergleich dazu wurden im selben Jahr 2 923 000 000 Tonnen, also fast 900 000 Mal mehr Eisenerz abgebaut, woraus 1 340 Gigatonnen Roheisen bzw. 1 812 Gigatonnen Rohstahl erzeugt wurden (Brown *et al.*, 2020).

- Herstellung von Schmuck

Mehr als 80 % des jährlich abgebauten Goldes wandern in die Schmuckindustrie, um Luxusgegenstände, wie Uhren, Ketten, Ohrringe,... herzustellen (ESG Edelmetall-Service GmbH & Co. KG, 2020).

- Elektronikindustrie und Technik

Rund 10 % des geförderten Goldes werden aufgrund seiner hohen Korrosionsbeständigkeit, guten elektrischen Leitfähigkeit und einfachen Verarbeitbarkeit für die Elektronikindustrie und technische Anwendungen verbraucht. Vor allem in Unterhaltungselektronik, wie Smartphones oder Tablets, findet Gold bei der Herstellung von Mikrochips, Steckverbindungen und weiteren elektronischen Bauteilen Verwendung (ebd.).

- Wertanlage und Zahlungsmittel

Nur ca. 3 % fließen in die Produktion von Goldbarren und –münzen. Diese werden als Wertanlage verkauft. Besondere Wichtigkeit hat Gold in der finanziellen Absicherung von Staaten, da es als Gegenwert für die Papierbanknoten und das virtuelle Geld bei den Banken aufliegt und somit den Wert der Währung absichert (ebd.).

- Medizinische Anwendung

Gold findet aufgrund seiner Beständigkeit gegenüber Wasser und sauren Lösungen vor allem in der Zahnmedizin als Füllung oder Zahnersatz Verwendung. Auch rheumatoide Arthritis wird mit Goldsalzen behandelt (ebd.).



Fasse die vorgestellten Abbaumethoden von Gold noch einmal kurz zusammen und stelle dann jeweils ihre Vor- und Nachteile hinsichtlich

- Wirtschaftlichkeit,
- ökologischer Aspekte und
- gesundheitlicher Aspekte gegenüber!



Inter-
disziplinarität
(Kap. 2.7)

Goldwaschen

Handelt es sich um ein physikalisches oder ein chemisches Trennverfahren?	
Beschreibe die Goldgewinnung mit diesem Verfahren kurz.	

Vorteile	Nachteile

Cyanidlaugung

Handelt es sich um ein physikalisches oder ein chemisches Trennverfahren?	
Beschreibe die Goldgewinnung mit diesem Verfahren kurz.	

Vorteile	Nachteile

Name: _____

Klasse: _____

Seite 1 von 11

Mithilfe dieser Arbeitsblätter sollen die SchülerInnen die neu erworbenen Informationen übersichtlich darstellen und für die nachfolgenden Aufgaben organisieren.

Amalgamverfahren

Handelt es sich um ein physikalisches oder ein chemisches Trennverfahren?	
Beschreibe die Goldgewinnung mit diesem Verfahren kurz.	

Vorteile	Nachteile



Elektrolyse – Redox-Gleichung

Der letzte Schritt der Cyanidlaugung ist die Elektrolyse des Goldkomplexes $[\text{Au}^{+}(\text{CN})_2]^{-}$ mit metallischem Zink, wobei ein Zinkkomplex $[\text{Zn}^{+2}(\text{CN})_4]^{-}$ und metallisches Gold entstehen. Formuliere die stöchiometrisch korrekte Redox-Gleichung mithilfe der Halbgleichungen:

TRANSFER

Findest du die Goldgewinnung problematisch? Begründe kurz deine Meinung!

REFLEXION

Werteorientierung,
Diskussion
(Kap. 2.7)

Name: _____

Klasse: _____

Seite 2 von 11

Da die SchülerInnen in der Oberstufe bereits auf die Matura vorbereitet werden, werden die einzelnen Kompetenzen angeführt („Reproduktion“, „Reflexion“, „Transfer“). Die Redox-Gleichung dient der Wiederholung und Festigung.



Illegaler Goldabbau in Südamerika



Lest euch den Zeitungsbericht auf den folgenden Seiten durch und beantwortet die Fragen im Anschluss!

Raubbau in Südamerika

Goldminen sind das neue Kokain

Das Risiko für Strafen ist gering, der Ertrag hoch. In Südamerika schürfen Banden im großen Stil illegal Gold. Dafür wird Regenwald gerodet, giftiges Quecksilber fließt in die Flüsse - ein Ende ist nicht in Sicht.

21.12.2015, 10.46 Uhr

Früher, da sei das aus der Luft gesehen wie ein großer Brokkoliteppich gewesen, erzählt Priester Ulrich Kollwitz. "Heute haben sich die Löcher im grünen Teppich des Regenwalds ungefähr verdreifacht." Im Hintergrund rattern die Maschinen einer illegalen Goldmine. Kollwitz kam Ende 1975 aus Siegburg als Missionar nach Kolumbien - seither verfolgt er die Veränderungen jenseits aller gefeierten UN-Klimabeschlüsse auf dem Papier.

Der illegale Goldabbau hier, in der kolumbianischen Pazifikregion im Departament Chocó, ist denkbar simpel. Großflächig werden Bäume gefällt, die Erde Dutzende Meter tief mit Baggern ausgeweidet, bis man auf goldführenden Schichten stößt. Das Gestein wird dann in Maschinen sortiert - und überschaubare Mengen Gold herausgeholt.

Auch in Brasilien nimmt der illegale Holzeinschlag zu, dort wächst der Flächenbedarf für Sojabohnen, da die Menschheit mehr Fleisch isst und daher der Tierfutterbedarf steigt. In Peru und Kolumbien ersetzt der illegale Goldabbau immer öfter den Koka-Anbau zur Kokaingewinnung.

Zwar ist der Goldpreis in den letzten Monaten gesunken, aber mit knapp 1100 Dollar je Feinunze immer noch auf hohem Niveau. Noch zu selten gibt es aus der Bevölkerung Kritik am Raubbau. Einige Gemeinden, die Kollwitz besucht, unterstützen den Goldabbau eher, als dass sie ihn bekämpfen, berichtet er. Die Industrie schafft Arbeitsplätze und sichert Einkommen.

"80 Prozent der Minen sind illegal"

"Wir werden hier gerne als Feinde des Fortschritts gesehen", resümiert Kollwitz. Es gibt kaum staatliche Präsenz, rechtsfreier Raum. Bei der Auswaschung des Goldes gelangt oft hochgiftiges Quecksilber in die Flüsse. Es bilden sich zudem in den Förderlöchern große stehende Gewässer, was die Malariaausbreitung nach Angaben der Bewohner stark erhöht hat. Der oberste Finanzaufseher des Landes, Edgardo Maya Villazón, betont: "80 Prozent der Minen sind illegal."

Für Gruppen wie die linke Farc-Guerilla ist das Goldgeschäft heute weniger riskant als die Produktion von Kokain. Maya Villazón schätzt den Umsatz der illegalen Minen in Kolumbien auf 2,5 Milliarden US-Dollar (umgerechnet etwa 2,3 Milliarden Euro) im Jahr.

Name: _____

Klasse: _____

Seite 3 von 11

Der Zeitungsartikel soll sowohl die Anwendung des Amalgamverfahrens als auch die damit verbundenen Gesundheitsrisiken thematisieren.



Illegaler Goldabbau in Südamerika

Rund 170 Quadratkilometer des Primärregenwaldes sollen allein 2014 in Kolumbien den Minen zum Opfer gefallen sein - mehr als die Hälfte der Fläche von Bremen. Und das, obwohl laut Regierung seit 2010 rund 8200 Personen festgenommen worden sind.

Aufruf zum "Krieg gegen die Minen"

Angesichts verheerender Umweltverschmutzung und des Raubbaus an der Natur ruft Präsident Juan Manuel Santos zum "Krieg gegen die Minen". Die Schattenwirtschaft des illegalen Goldabbaus ersetze den Drogenhandel als "eine der Hauptaktivitäten der organisierten Kriminalität und als Quelle zur Finanzierung des Terrorismus".

Das Militär ist mit mehr Personal im Einsatz, Minenbetreiber müssen bis zu 30 Jahre Haft fürchten. Zudem sind sechs neue Nationalparks geplant, die einer stärkeren Kontrolle unterliegen. Der Präsident setzt parallel darauf, dass er bis Ende März mit der noch über rund 8000 Kämpfer verfügenden Farc einen Friedensvertrag abschließen kann.

"Die Farc ist regelmäßig hier und sorgt für Ordnung", berichtet ein Bewohner des Ortes Playa Bonita, der sich am für seine Stromschnellen berühmten Rio Andagueda befindet. Der Fluss hat durch das Ausbaggern im Zuge der Goldförderung teilweise einen ganz neuen Verlauf bekommen. "Wir haben hier ständig Erdrutsche, und das Wasser ist verschmutzt", klagt eine Bewohnerin.

Ein anderer hat wenig übrig für die Kritik am Goldrausch, er ist mit einer Spitzhacke auf dem Weg zu einer Mine. "Wir dürfen nehmen, was die nicht brauchen." So kaufen sich die Betreiber, die oft auch aus der Region kommen, die Zustimmung der Gemeinden, in ihrem Land das Gold zu fördern. Sie überlassen einen Teil den Anwohnern, die mit einfachem Werkzeug ein bisschen Gold abzweigen, an guten Tagen machen sie über hundert Dollar.

Quelle: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/illlegale-goldminen-in-suedamerika-frueher-kokain-jetzt-gold-a-1068596.html>, aufgerufen am 09.11.2020

Name: _____

Klasse: _____

Seite 4 von 11

Die wirtschaftliche und soziale Komponente des Goldabbaues und die Lebensrealität von Menschen in armen Ländern soll den SchülerInnen damit gezeigt werden.



Illegaler Goldabbau in Südamerika

REPRODUKTION

Mit welcher Methode wird der teils illegale Goldabbau in Südamerika laut diesem Artikel durchgeführt?

Welche (Umwelt-)Probleme und Gesundheitsrisiken bringt der illegale Goldabbau in Kolumbien mit sich?

Werte-
orientierung
(Kap. 2.7)

Welche Vorteile sehen die Gemeinden im Goldabbau in dieser Region?

Sensibilisierung
für kulturelle
Unterschiede
(Kap. 2.7)

Diskussionsfrage über den Artikel hinaus:

TRANSFER

Welches grundsätzliche Problem könnte in dieser Region vorherrschen, dass die Einwohner den Goldabbau teilweise befürworten?

Problemlösungs-
orientiertheit
(Kap. 2.7)

Name: _____

Klasse: _____

Seite 5 von 11

Die SchülerInnen sollen lernen, aus einem Artikel wichtige Informationen herauszufiltern und so Lese- und Medienkompetenz erlangen. Die Transferaufgabe soll sie zusätzlich zur Diskussion und zum Nachdenken anregen.



Lest euch den Zeitungsbericht auf den folgenden Seiten durch und beantwortet die Fragen im Anschluss!

Giftwasser bedroht Johannesburg

Afrikas wirtschaftliches Zugpferd, Johannesburg, droht mit Giftwasser überschwemmt zu werden. Umweltexperten warnen vor einem Ökodesaster für die Millionenstadt. Das Giftwasser hat die ersten Einwohner bereits erreicht.

Es ist ein Alptrahmszenario: Johannesburgs Trinkwasser könnte von Giftwasser verseucht und die Hochhäuser der Innenstadt könnten "angefressen" und dadurch destabilisiert werden. Südafrikas Wirtschaftsmetropole sitzt auf den weltweit größten Goldreserven, doch die könnten die Stadt nun teuer zu stehen kommen. Seit über 120 Jahren werden unter der etwa acht Millionen Einwohner zählenden Metropole Gold, Kohle und Uran abgebaut. Die meisten Minen liegen heute still und dennoch geht von ihnen eine ökologische Gefahr aus.

Giftiges Wasser

In den unter der Stadt gelegenen alten Minen steigt das Wasser. Umweltexperten warnen seit Monaten vor dem nach oben drängenden Giftgemisch. Die stillgelegten Schächte laufen mit Wasser voll, Pyrit oder sogenanntes Katzensgold (FeS_2) oxidiert in Wasser und unter Sauerstoffeinfluss zu Schwefelsäure und Eisenhydroxid und löst Schwermetallen sowie radioaktiven Stoffen im Wasser. Und durch die vielen Regenfälle der vergangenen zwei Monate hat sich die Situation dramatisch zugespitzt. Eine halbe Stunde westlich der Stadt quillt das Giftgebräu bereits an die Erdoberfläche. Rotbraunes Wasser schießt gurgelnd, schäumend und stinkend durch meterhohes Gebüsch. "Diese hochgiftige Brühe ist zu nichts zu gebrauchen", erklärt die Umweltaktivistin Mariette Lieferink. Doch jeden Tag fließen bei Krugersdorp 40 bis 50 Millionen Liter dieses giftigen, radioaktiven Wassers unkontrolliert in die Landschaft.

Verseuchtes Naturschutzgebiet

Die Folgen: weit und breit lebt hier kein Fisch, Frosch oder Vogel mehr, denn das Ökosystem ist tot. Lieferink ist empört: "Da sind lauter Stoffe drin, die Krebs verursachen können", erläutert sie, während sie kopfschüttelnd beobachtet, wie Kinder mit hochgekrempelten Hosenbeinen durch das Wasser waten, um den Weg zu ihren unweit des Bachlaufs gelegenen Hütten, abzukürzen.

Kinder spielen im Giftwasser

In unmittelbarer Nähe, in einem Slum auf einer Deponie bestätigt Jeffrey Supinga, der Sprecher der Wellblechhüttenbewohner, dass die Kinder häufig in dem Wasser spielen und es selbstverständlich auch trinken. Viele der hier lebenden würden die Folgen schon zu spüren bekommen, erklärt er: "Wir werden schneller krank, bekommen Erkältungs- und Lungenkrankheiten." Seitdem Wissenschaftler und Umweltaktivisten ihm erklärt haben, dass die Gegend gesundheitsgefährdend sei, kann Supinga nicht mehr ruhig schlafen. Denn er ist arbeitslos und weiß nicht wo er sonst leben soll.

Name: _____

Klasse: _____

Seite 6 von 11

Mit diesem Artikel wird ein weiteres Problem hinsichtlich des Goldabbaues bearbeitet. Um ihn verstehen zu können, sind Grundkenntnisse über Säuren und deren Reaktionen notwendig.

Regierung beruhigt

Marius Keet vom Ministerium für Wasserwirtschaft kennt das Problem, ist aber bemüht die Brisanz der Lage herunterzuspielen: "Es handelt sich nur um eine kleine Siedlung, die von dem austretenden Giftwasser betroffen ist. Und nach seinen Informationen trinke auch kaum jemand direkt aus den Flussläufen, so der Beamte. Diese "Krisensituation" sei räumlich beschränkt auf Johannesburgs Westrand, wo das hochgiftige Wasser schon an die Erdoberfläche tritt. Für den restlichen Großraum Johannesburg bestehe jedoch kein Grund zur Panik, versichert der Ministeriumssprecher.

Er erläutert, dass der unterirdische Giftwasserspiegel im Schnitt noch 508 Meter unter der Erdoberfläche sei. Ökologisch vertretbar, da ohne Folgen für Menschen sei es, wenn das Giftwasser bis auf 250 Meter steige. Nach den Berechnungen des Ministeriums steige der Pegel derzeit täglich um etwa 50 Zentimeter an und das bedeute: "Wir haben noch 500 Tage Zeit, um alles Notwendige in die Wege zu leiten."

Staatliche Fehlentscheidung

Auch Tiere und Pflanzen kommen direkt mit dem giftigen Schlamm und Wasser in Berührung.

Die ersten Schritte hat die Regierung bereits eingeleitet. Für umgerechnet rund 650.000 Euro wurde dem Wasser, das an die Oberfläche schießt und kurz darauf durch ein Naturschutzgebiet fließt, Kalk beigemischt. Eine Schnapsidee, die alles verschlimmert, schimpft Mariette Lieferink jedoch. "Das Ergebnis ist, dass der See im Schutzgebiet heute eine einzige radioaktive Schlammbrühe ist." Zudem sei das Wasser völlig versalzen, so die Umweltschützerin weiter.

Die Regierung habe mit ihrer Maßnahme gehofft, dass sich Schwermetalle und radioaktive Stoffe als Schlammsediment absetzen. Nur: die Becken seien voll und keiner wisse, wohin mit dem radioaktiven Schlamm. Außerdem würde immer mehr Giftwasser an die Oberfläche drängen und sämtliche Giftstoffe in die Wasserläufe spülen, die Johannesburg mit Trinkwasser versorgen. Der Umweltverband "Federation for a sustainable environment" (FSE) wirft den Entscheidungsträgern Untätigkeit vor und will nun vor Gericht ziehen. Denn spätestens ab 2014, so die Berechnungen des Verbands, ist die Trinkwasserversorgung für ganz Johannesburg bedroht.

Autorin: Dagmar Wittek

Redaktion: Stephanie Gebert

Giftwasser bedroht Johannesburg | Afrika | DW | 21.02.2011 <https://www.dw.com/de/giftwasser-bedroht-johannesburg/a-6445590> 2/2, abgerufen am 11.11.2020.

Schwefelsäure ist eine starke Säure und führt dazu, dass der pH-Wert der Bodenlösung stark sinkt. Je geringer der pH-Wert des Wassers wird, desto leichter lösen sich Schwermetalle aus dem Umgebungsgestein darin. Gerade in Minen, die sich mit Wasser füllen, hat man eine große Gesteinsoberfläche zur Verfügung, durch die sich die Mineralien sehr effizient im Wasser lösen können. Beim Goldabbau ist Pyrit (FeS), wie in dem Artikel beschrieben, ein Begleitmineral von Gold, das gut in Wasser löslich ist und somit zu einer Versauerung führt. Dadurch können noch mehr Mineralien aus dem Umgebungsgestein gelöst werden. Diesen Vorgang nennt man Acid Mine Drainage – zu Deutsch: Saure Minenauswaschung (McCarthy, 2011). Diese Acid Mine Drainage führt im kalkhaltigen Boden rund um Johannesburg dazu, dass unterirdische Löcher vergrößert werden, woraufhin die obere Schicht instabil werden kann und teilweise gigantische Sinklöcher entstehen (De Bruyn & Bell, 2001).

Name: _____

Klasse: _____

Seite 7 von 11

Der grau hinterlegte Kasten dient dazu, das Vorwissen der SchülerInnen zu aktivieren bzw. daran anzuknüpfen und sie von Johannesburg wieder in den Chemieunterricht zu holen.



Formuliert eine stöchiometrisch ausgeglichene Reaktionsgleichung dazu!

„Pyrit oder sogenanntes Katzensgold (FeS_2) oxidiert in Wasser und unter Sauerstoffeinfluss zu Schwefelsäure und Eisenhydroxid“

Welche (Umwelt-)Probleme und Gesundheitsrisiken birgt Acid Mine Drainage?

Mit welchen Argumenten spielt die Regierung das Problem herunter? Welche Bevölkerungsgruppe ist hauptsächlich von den Problemen betroffen?

Werte-
orientierung
(Kap. 2.7)

Quellen:

De Bruyn, I. A. Bell, F. G. (2001) The occurrence of sinkholes and subsidence depressions in the Far West Rand and Gauteng Province, South Africa and their engineering implications. Environmental and Engineering Geoscience 7(3): 281 – 295.
McCarthy, T. S. (2011) The impact of acid mine drainage in South Africa. South African Journal of Science 107, 5/6.

Name: _____

Klasse: _____

Seite 8 von 11

Auch hier sollen wieder soziale und wirtschaftliche Zusammenhänge in das Umweltproblem Acid Mine Drainage mit einfließen, nachdem das Wissen über Redox-Reaktionen angewendet wurde.

Verwendung von Gold

Weltweit wurden 2018 ca. 3 350 Tonnen Gold gefördert. Um ein Gespür für die Mengen zu bekommen: Im Vergleich dazu wurden im selben Jahr 2 923 000 000 Tonnen, also fast 900 000 Mal mehr Eisenerz abgebaut, woraus 1 340 Gigatonnen Roheisen bzw. 1 812 Gigatonnen Rohstahl erzeugt wurden (Brown et al., 2020).

Herstellung von Schmuck

Mehr als 80 % des jährlich abgebauten Goldes wandern in die Schmuckindustrie, um Luxusgegenstände, wie Uhren, Ketten, Ohrringe,... herzustellen (ESG Edelmetall-Service GmbH & Co. KG, 2020).

Elektronikindustrie und Technik

Rund 10 % des geförderten Goldes werden aufgrund seiner hohen Korrosionsbeständigkeit, guten elektrischen Leitfähigkeit und einfachen Verarbeitbarkeit für die Elektronikindustrie und technische Anwendungen verbraucht. Vor allem in Unterhaltungselektronik, wie Smartphones oder Tablets, findet Gold bei der Herstellung von Mikrochips, Steckverbindungen und weiteren elektronischen Bauteilen Verwendung (ebd.).

Wertanlage und Zahlungsmittel

Nur ca. 3 % fließen in die Produktion von Goldbarren und -münzen. Diese werden als Wertanlage verkauft. Besondere Wichtigkeit hat Gold in der finanziellen Absicherung von Staaten, da es als Gegenwert für die Papierbanknoten und das virtuelle Geld bei den Banken aufliegt und somit den Wert der Währung absichert (ebd.).

Medizinische Anwendung

Gold findet aufgrund seiner Beständigkeit gegenüber Wasser und sauren Lösungen vor allem in der Zahnmedizin als Füllung oder Zahnersatz Verwendung. Auch rheumatoide Arthritis wird mit Goldsalzen behandelt (ebd.).

Argumentiere, für welche Anwendungen du den Abbau von Gold vertretbar findest!

Verbrauchst du auch Gold? Wenn ja: Welche Möglichkeiten könnte es geben, deinen Goldverbrauch zu senken?

Werte-
orientierung
(Kap. 2.7)

Partizipation,
Problemlösungs-
orientierung,
lokale Relevanz
(Kap. 2.7)

Name: _____

Klasse: _____

Seite 9 von 11

Die SchülerInnen sollen auf Grundlage dessen, was sie bisher gelernt haben, für sich selbst entscheiden, inwiefern der Einsatz von Gold sinnvoll und notwendig ist und wie sie dazu beitragen könnten, weniger Gold zu verbrauchen.



Qualitativer Nachweis von Schwermetallen in wässriger Lösung

Euch stehen 3 verschiedene Lösungen zur Verfügung, in denen je ein euch unbekanntes Kation gelöst ist. Überlegt euch anhand folgender Tabelle, wie ihr herausfinden könnt, welche dies sind.

	2M NaOH	2M NH ₃	0,5M KI	1M NH ₄ SCN
Ag ⁺	braun-schwarzer Niederschlag	grau-brauner Niederschlag, im Überschuss löslich !	gelber NS	weißer Niederschlag, im Überschuss löslich
Ni ²⁺	blassgrüner Niederschlag	grüner Niederschlag, im Überschuss blaue Lösung	-	dunkelgrüne Lösung
Fe ³⁺	rot-brauner Niederschlag	rot-brauner Niederschlag	gelbbraune Lösung	blutrote Lösung
Cu ²⁺	blauer Niederschlag	blauer Niederschlag, im Überschuss tiefblaue Lösung	weißer Niederschlag	Bildung von schwarzem Niederschlag, dann weißer Niederschlag

! Nach dem Versuch mit 2 Tropfen 2M HNO₃ ansäuern, da sonst Explosionsgefahr herrscht!



Bitte beachtet die Laborregeln und setzt die Schutzbrille auf, zieht den Arbeitsmantel an und bindet lange Haare zusammen!

Folgende Materialien und Chemikalien stehen euch zur Verfügung

Materialien

- ☐ Tüpfelplatten
- ☐ Einweg-Pipetten
- ☐ Permanentmarker

Chemikalien

- ☐ 3 unbekannte Proben
- ☐ 2 M NaOH
- ☐ 2 M NH₃
- ☐ 0,5 M KI
- ☐ 1 M NH₄SCN



Was bedeutet das „M“ bei z. B. 2M NaOH?

Wie nennt man die Art von Reaktion, bei der sich ein Niederschlag bildet?

Was passiert bei diesen Nachweisreaktionen? Kreuze zutreffende Aussagen an (sie müssen nicht auf alle Reaktionen zutreffen)!

- ☐ Unlösliche Salze fallen aus.
- ☐ Kationen und Anionen werden ausgetauscht.
- ☐ Die Lösung verfärbt sich.

Name: _____

Klasse: _____

Seite 10 von 11

Acid Mine Drainage bietet sich sehr gut als Hintergrundthema für qualitative Analyse an, da man so (theoretisch!) herausfinden könnte, welche Schwermetalle in der Lösung vorliegen. Dass diese Methode für die Praxis nicht wirklich geeignet ist und warum das so ist, sollte mit den SchülerInnen besprochen werden.



Protokoll

Qualitativer Nachweis von Schwermetallen in wässriger Lösung

Versuchsplanung

Was habt ihr vor?
In welcher
Reihenfolge würdest
du die Nachweise
beginnen?

Überlegt euch, wie viele Pipetten ihr für den Versuch benötigt und nennt die Anzahl eurer
Lehrperson! Stimmt es, bekommt ihr die Chemikalien.

Versuchsdurchführung

Skizziert, wie ihr den Versuch durchführen wollt (z. B. Positionen auf einzelnen Tüpfelplatten)

Beobachtung

Probennr.	NaOH	NH ₃	KI	NH ₄ SCN

Interpretation

Was könnt ihr aus
euren
Beobachtungen
schließen?

Name: _____

Klasse: _____

Seite 11 von 11

Die Protokollvorlage dient als Hilfestellung zum Festhalten der Ergebnisse. Die Anzahl der Pipetten soll genannt werden, sodass sichergestellt ist, dass die SchülerInnen auch wirklich Überlegungen zum Versuch angestellt haben.

Gestufte Hilfe zur Redox-Reaktion

1. Aufstellen der Reaktionsgleichung
2. Bestimmung der Oxidationszahlen
3. Teilen der Reaktionen in die beiden Halbreaktionen
4. Stöchiometrischer Ausgleich der Atome bei den Halbgleichungen
5. Angabe der Elektronen
6. Ausgleichen der Elektronen zwischen den beiden Halbgleichungen und stöchiometrische Koeffizienten
7. „Kürzen“
8. Zusammenfassen der Reaktionen

Falls du auch die Anionen mit einbeziehen willst, musst du mit HCN ausgleichen und die Cyanidionen wieder in den Komplex einbauen und nicht wegekürzen.

Die gestufte Hilfe hat den Vorteil, dass die SchülerInnen einfachen Zugriff darauf haben und nicht vor der Lehrperson zugeben müssen, dass sie das Aufstellen von Redox-Reaktionen noch nicht so gut beherrschen. Somit sind sie motivierter, die Aufgabe selbst durchzuführen und dabei zu üben und nicht so leicht versucht, sie einfach von MitschülerInnen abzuschreiben, weil sie sich nicht bloß stellen möchten.

Die Symbole neben den Aufgaben (Atom, Lupe, Erlenmeyer-Kolben) sollen den SchülerInnen einen schnellen Überblick geben, was sie erwartet. Das wird bei allen Aufgaben durchgezogen, um die SchülerInnen daran zu gewöhnen.



Chemische Fachinhalte auf theoretischer Basis behandeln



Recherchieren/Untersuchen



Experimentieren

8.2 Vitamin A

Lehrplanbezug (8. Klasse, 7./8. Semester)

- Ausgewählte Stoffwechselprozesse skizzieren
- Erläutern, wie alle Lebensvorgänge auf stofflichen und energetischen Veränderungen beruhen und die Menschen von ihrer stofflichen Umwelt abhängig sind
- Die Wichtigkeit einer gesundheitsbewussten Lebensführung an Beispielen aus der Lebensmittelchemie diskutieren
- Durch kritisch reflektierenden Einsatz von differenzierten Stoffkenntnissen zu Ernährungsempfehlungen Stellung beziehen

Einbettung

Dieses Thema kann als Kontext nehmen, um einerseits eine Extraktion von Carotinoiden aus verschiedenen Lebensmitteln vorzunehmen und andererseits die biochemischen bzw. physiologischen Vorgänge beim Sehen zu thematisieren. Außerdem kann man die Grüne Gentechnik im Rahmen der Biochemie ansprechen und über die Vor- und Nachteile gentechnisch veränderter Lebensmittel diskutieren.

Thematisierte SDGs

- Kein Hunger
- Gesundheit und Wohlergehen

Notwendige Vorkenntnisse

- Grundlagen der Organischen Chemie
- Stereochemie (cis-/trans-Isomere)
- Löslichkeit (Ähnliches löst sich in ähnlichem)
- Funktion von Katalysatoren/Enzymen

Ziele

SchülerInnen können...

... selbständig ein Experiment durchführen

... ihre Erkenntnisse festhalten

... die Polarität mit der Löslichkeit von Stoffen in Verbindung bringen

... Alltagsaussagen wissenschaftlich begründet hinterfragen

- ... einige Funktionen von Vitamin A im Körper nennen
- ... wiedergeben, wie Vitamin A dem Körper zugefügt werden kann
- ... gezeichnete Reaktionsmechanismen und Grafiken interpretieren
- ... für Probleme in Entwicklungsländern sensibilisiert werden
- ... kritisch über Lösungsmöglichkeiten (in diesem Fall Gentechnik) reflektieren

Weiterführende Themen

- Photochemie (ausgehend von der Umlagerung des Retinals)
- Mikronährstoffe
- Sekundäre Pflanzenstoffe

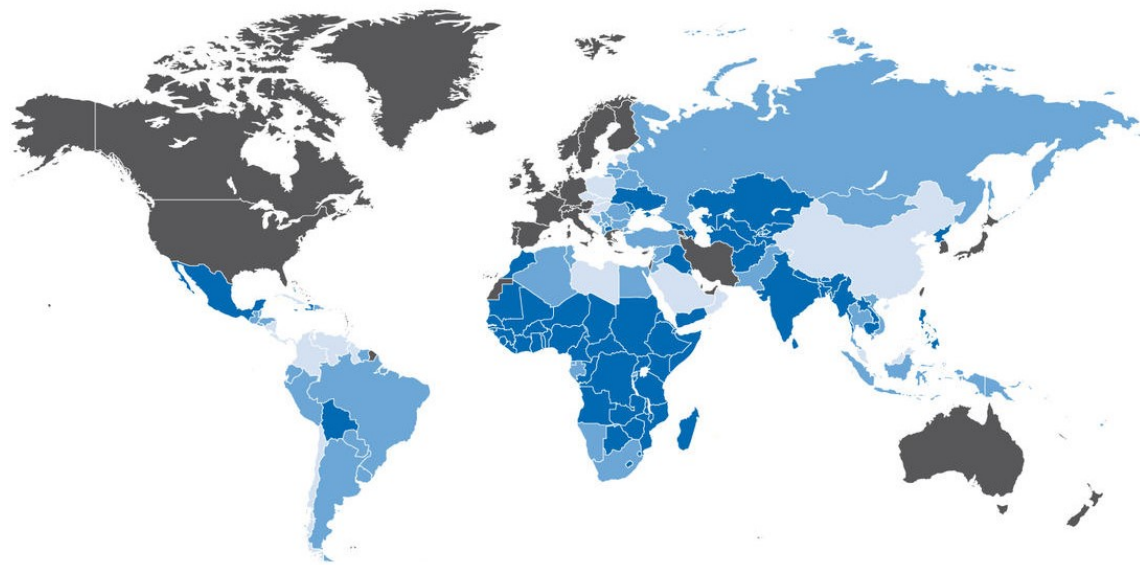
Die nachfolgenden Versuche und Arbeitsblätter können vor dem Hintergrund des Vitamin-A-Mangels von Kindern durchgeführt werden.

Fachliche Klärung

Laut der Fachgesellschaft für Ernährungstherapie und Prävention (2020) ist Vitamin A (also Retinsäure, Retinal und Retinol) essentiell für das Wachstum, ein gutes Immunsystem, die Funktionen der Haut und Schleimhäute und auch für den Sehvorgang. Ein besonderes Risiko stellt der Vitamin A-Mangel vor allem bei Kindern und Neugeborenen und auch bei älteren Menschen dar.

Dementsprechend wird die hohe Sterblichkeit von Kindern unter fünf Jahren in Entwicklungsländern unter anderem auf Vitamin A-Mangel zurückgeführt, da sie dadurch ein schlechteres Immunsystem haben und Infektionskrankheiten, wie z. B. Masern, leichter zum Opfer fallen. Vor allem in Zentralasien, Südostasien und Afrika südlich der Sahara ist dies ein Problem. Aus diesem Grund wurden seit den 2000er Jahren Nahrungsergänzungsmittel an die betroffenen Gruppen ausgeteilt. Die Schwierigkeit ist jedoch, alle Kinder mit Vitamin A-Mangel regelmäßig mit Nahrungsergänzungsmitteln zu erreichen. Gerade in den besonders betroffenen Gebieten, Afrika südlich der Sahara und Teilen Süd- und Ostasiens, war die Herausforderung besonders groß (UNICEF, 2007).

Vitamin A-Mangel bei Kindern



Prozentualer Anteil der Kinder unter sechs Jahren, in deren Blut ein Vitamin A1-Gehalt von weniger als 0.2 Mikrogramm pro Milliliter gemessen wurde

2% – < 10 % niedrig 10% – < 20% moderat ≥ 20% hoch Keine Daten

Abb. 55 Übersicht zum weltweiten Vitamin A-Mangel bei Kindern. Quelle: *Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Population at Risk 1995 - 2005: WHO Global Database on Vitamin A Deficiency.*

Normalerweise wird Vitamin A über die Nahrung aufgenommen. Besonders häufig kommt es in tierischen Produkten, wie Eier und Milchprodukten, oder als Provitamin A (vor allem β -Carotin) vor. Da die Verteilung von Nahrungsergänzungsmitteln zwar eine gute Strategie ist, um Vitamin A-Mangel in der Bevölkerung zu bekämpfen, jedoch die wiederholte Verteilung der Präparate kostspielig und mit einem hohen logistischen Aufwand verbunden ist, haben Ingo Potrykus und Peter Beyer den genetisch modifizierten Golden Rice entwickelt. Normaler Reis enthält kaum Carotinoide, stellt aber ein Hauptnahrungsmittel in den Regionen dar, wo starker Vitamin A-Mangel herrscht. Durch genetische Modifikation am Reissamen wurde die Biosynthese von β -Carotinen in Reis ermöglicht, wodurch er gelb erscheint → „golden“ rice (Ye *et al.*, 2000). Golden Rice sollte Kleinbauern, die bis zu 10 000 US-Dollar Umsatz pro Jahr machen, gratis zur Verfügung gestellt werden, um die ansässige Bevölkerung damit zu ernähren. Aufgrund der großen Proteste von Gentechnik-GegnerInnen kam es erst vor kurzem zur Zulassung des Saatgutes in Ländern wie Bangladesh und den Philippinen. Ab 2021 darf das Saatgut dort nun angebaut werden (Forum Bio- und Gentechnologie e.V.).

Umwandlung von beta-Carotin zu Vitamin A im Körper

Das fettlösliche β -Carotin wird hauptsächlich im Darm mithilfe des Enzyms β -Carotin-15,15'-Oxygenase zu 2 Molekülen Retinal gespalten (Fierce *et al.*, 2008).

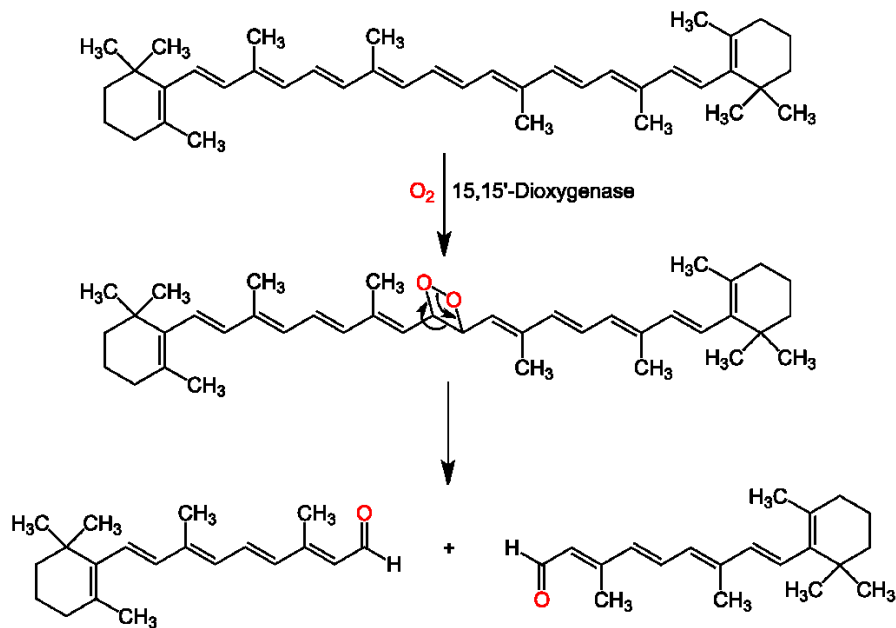


Abb. 56 Retinal-Biosynthese.

Im Gegensatz zu Vitamin A kann es bei β -Carotin nicht zu einer Überdosierung und somit Vergiftung kommen, da es nur dann zu Retinal umgesetzt wird, wenn der Körper es braucht. Dementsprechend sind diese Präparate sicherer, als Vitamin A-Präparate und diesem auch vorzuziehen.

Anmerkung: Den Versuch des Arbeitsblattes 1 kann man auch in der Unterstufe bereits zum Thema Lebensmittelchemie machen und die Einbettung kann ähnlich gewählt werden. Es ist nur nicht sicher, ob die SchülerInnen mit gentechnisch veränderten Lebensmitteln schon so viel anfangen und darüber diskutieren können, wie SchülerInnen aus der 8. Klasse, wo das Thema Genetik im Biologieunterricht gerade aktuell ist.

„Vitamin A kann nur dann vom Körper genutzt werden, wenn wir es zusammen mit Fett aufnehmen“



Carotinoide bilden eine Vorstufe von Vitamin A, die im Darm zu Vitamin A umgewandelt wird. Um einem Vitamin A-Mangel vorzubeugen, kann man also Carotinoide, wie z. B. β -Carotin, das in Pflanzen enthalten ist, zu sich nehmen. Du hast einmal gehört, dass Vitamin A und seine Vorstufen nur dann gut vom Körper aufgenommen werden, wenn man ein wenig Fett dazu isst. Finde heraus, was der Grund dafür sein könnte!

Du brauchst dafür je Gemüsesorte:

- | | |
|------------------------------------|---|
| ☐ 1 Mörser | ☐ 2 Reagenzgläser 16 mm |
| ☐ 1 Pistill | + passende Gummistopfen |
| ☐ Messer | ☐ Insgesamt 1 Reagenzglasgestell |

Chemikalien:

- | | |
|--|---|
| ☐ Gemüse (Karotten, Tomaten, Paprika,...) | ☐ Wasser |
| ☐ Sand | ☐ Öl (Rapsöl, ...) |

Versuchsanleitung

- ☐ Zerschneide oder hoble die verschiedenen Gemüsesorten in möglichst kleine Stücke.
- ☐ Zerreiße sie anschließend in einem sauberen Mörser mit einem Pistill und ein bisschen Sand und Wasser.
- ☐ Gib das zerriebene Pflanzenmaterial in zwei Eproutetten (Reagenzgläser).
- ☐ Fülle vorsichtig ca. 1 Finger breit Öl in eine Eproutette zum Pflanzenmaterial und verschließe sie mit den Gummistopfen.
- ☐ Fülle in eine zweite Eproutette nur Wasser zum Pflanzenmaterial, verschließe auch sie mit einem Gummistopfen.
- ☐ Schüttle die Eproutetten nun kräftig und stelle sie anschließend ab, bis sich die Phasen getrennt haben!

Phasentrennung
= Entmischung von nicht mischbaren Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser und Öl

Notiere hier, was du beobachten kannst oder fertige eine Skizze an!

Methoden-
vielfalt
(Kap. 2.7)

Verändert nach: http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/lebensmittel/alt_html/carotinoide_ausschuetten_1.htm

Name: _____

Klasse: _____

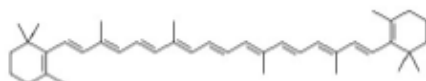
Seite 1 von 5

Durch das Unterstreichen der einzelnen Arbeitsschritte soll SchülerInnen mit Lesestörungen klarer gemacht werden, was sie genau machen sollen. Die Notiz am Rande soll helfen, Fachwörter für die SchülerInnen besser zu erklären.



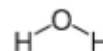
Vergleiche jeweils die Strukturformeln von β -Carotin & Wasser und β -Carotin & Fett hinsichtlich ihrer Polarität.

Welche Ähnlichkeiten und Unterschiede bemerkst du? Welche Auswirkungen könnte das auf die Löslichkeit von β -Carotin haben? Finde eine Erklärung!



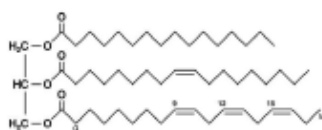
2 Strukturformel von β -Carotin

Quelle: https://occdn.de/pictures.doccheck.com/images/841/f07/841f070526ba28a3a080176f0a20eod26/30474/m_1407911901.jpg



1 Strukturformel von Wasser

Quelle: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Data:Wasser_Strukturformel_V1.svg



3 Strukturformel eines Fettes

Quelle: https://media.springernature.com/lw785/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-662-38839-8_6/MediaObjects/470095_1_De_6_Fig7_HTML.png

Hypothese
= Annahme, die dafür geeignet ist, wissenschaftlich überprüft zu werden

Hypothese

REFLEXION

Nimm Stellung zu folgender Aussage: „Vitamin A kann nur dann vom Körper genutzt werden, wenn wir es zusammen mit Fett aufnehmen“

Diskussion,
Interdisziplinarität
(Kap. 2.7)

REPRODUKTION

Recherchiere im Internet, wofür der Körper Vitamin A benötigt!

Name: _____

Klasse: _____

Seite 2 von 5

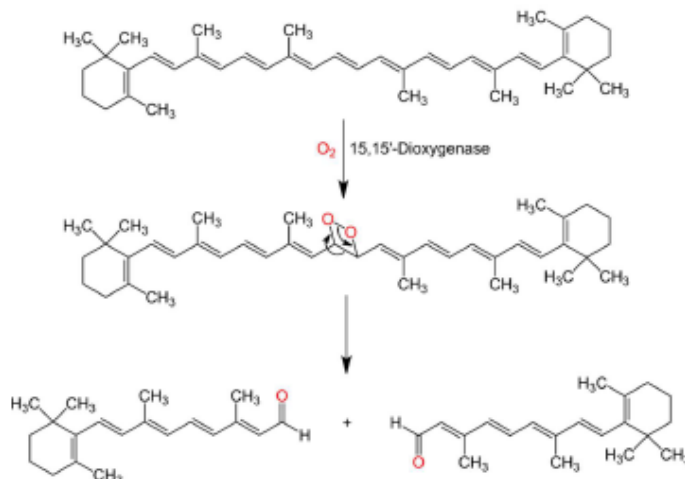
Die SchülerInnen sollen die Struktur von Verbindungen mit ihrer Polarität und somit ihrer Löslichkeit in Verbindung bringen und damit ihr Ergebnis beim Experiment erklären können.



Umwandlung von β -Carotin zu Vitamin A im Körper

REPRODUKTION

Mithilfe des Enzyms 15,15'-Dioxygenase wird β -Carotin unter anderem im Darm zu Retinal umgewandelt.



4 Enzymatische Umwandlung von beta-Carotin zu Retinal

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/%CE%92-Carotin-15,15%E2%80%82-Monooxygenase#/media/Datei:Retinal_Biosynthesis_V2.svg

Wiederholung der Grundlagen

Was macht ein Enzym allgemein?

Wie heißt die funktionelle Gruppe beim Retinal? Zeichne die funktionelle Gruppe auf!

Um welche Art von Spaltung handelt es sich?

☐ homolytische Spaltung

☐ heterolytische Spaltung

Begründe deine Antwort!

Um welche Art von Reaktion handelt es sich hier (Kreuze die richtige Antwort an!)?

☐ Reduktion

☐ Addition

☐ Oxidation

☐ Substitution

Name: _____

Klasse: _____

Seite 3 von 5

Durch die Reaktivierung des vorhandenen Wissens soll eine bessere Verknüpfung mit dem neu Gelernten hergestellt werden. Die Multiple-Choice Antwortmöglichkeiten stellen sicher, dass die SchülerInnen wissen, worauf die Lehrperson hinaus will.



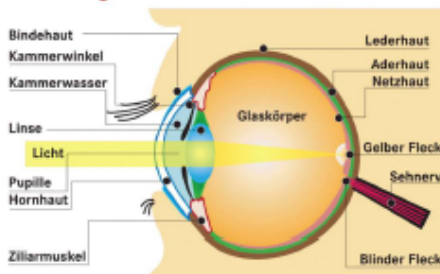
„Iss Karotten, die sind gut für die Augen!“

Wie du vielleicht vorher bei deiner Recherche schon mitbekommen hast, ist Vitamin A wichtig für den Sehprozess im Auge. Du hast auch schon gesehen, dass Karotten einiges an Carotinoiden enthalten (Daher auch der Name „Carotinoid“ ;-)).

In der Netzhaut (*Retina*) befinden sich die Photorezeptoren, also die lichtempfindlichen Zellen, die Lichtreize in Signale umwandeln, welche zum Gehirn über den Sehnerv weitergeleitet werden können. Für die Umwandlung von Lichtimpulsen in einen Reiz sind die Stäbchen und Zapfen zuständig, die aus verschiedenen Sehpigmenten bestehen. Eines davon ist Rhodopsin.

Rhodopsin besteht aus Retinal, das an das Protein Opsin gebunden ist. Es befindet sich in der Netzhaut an der Rückseite des Auges.

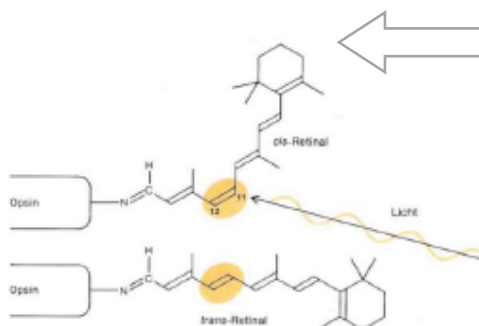
■ Das Auge Aufbau



10/20 umy/10

5 Aufbau des Auges

Quelle: <https://ois.bodische-seitung.de/piece/08/eb/48/b7/149637303-h-720.gif>



6 Reaktion des Rhodopsins auf Lichtreize.

Ausgangszustand: cis-Retinal

Quelle: https://educ.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dam/educethz-dam/documents/Unterrichtsmaterialien/chemie/Photochemie/photochemie02_retinal_loes.pdf

Inter-
disziplinarität
(Kap. 2.7)

Schau dir die zwei Abbildungen oben an und beschreibe, was passiert, wenn Licht auf die Photorezeptoren in der Netzhaut trifft.

TRANSFER

Auf gutefrage.net hast du den folgenden Beitrag gefunden. Beantworte die Frage auf Basis deines neu erworbenen Wissens! Schreibe dafür einen kurzen Blogbeitrag (100 – 150 Wörter) und vergiss dabei nicht die Begriffe „Carotinoide“, „Vitamin A“, „Retinal“ und „Rhodopsin“.

Frage von Bassogog
vor 2 Jahren

Kann man durch Karotten essen die Sehkraft verbessern?
Ist das wahr oder nur reiner Quatsch?

🔖 Ernährung, Augen, sehen, Karotten, Gesundheit und Medizin

(lokale)
Relevanz
(Kap. 2.7)

Name: _____

Klasse: _____

Seite 4 von 5

Die SchülerInnen sollen die Abbildungen selbst interpretieren und so aufbauen auf ihrem Vorwissen beschreiben, was beim Sehvorgang passieren könnte. Aufgrund des Alltagsbezuges könnte das für SchülerInnen besonders interessant sein. Durch den Blogbeitrag soll auch das Verfassen von ganzen Sätzen geübt werden.



Vitamin A Mangel

– ein verbreitetes Problem in Entwicklungsländern

Vitamin A-Mangel stellt für Babys und Kleinkinder als auch für ältere Menschen ein erhebliches Gesundheitsrisiko dar und führt zu einer hohen Sterblichkeit von Kindern unter fünf Jahren. Grund dafür ist unter anderem, dass sie ein schlechter entwickeltes Immunsystem haben und somit anfälliger für Infektionskrankheiten sind. In den 2000er Jahren wurden deshalb Nahrungsergänzungsmittel an die betroffene Bevölkerung ausgeteilt. Dieses Prozedere muss 2x jährlich durchgeführt werden. Alternativ dazu haben Wissenschaftler genetisch modifizierten Golden Rice entwickelt, der besonders viele Carotinoide enthält. Das Saatgut wird den ansässigen Landwirten gratis gegeben, sie dürfen ihn dann anbauen und lokal verkaufen. Das würde sowohl den Vitamin A-Mangel in der Bevölkerung mindern, als auch wirtschaftlich Vorteile bringen.



Suche im Internet nach Vor- und Nachteilen von Golden Rice.

Vorteile	Nachteile

Nimm Stellung zur Frage, ob du Golden Rice befürwortet oder nicht.

Inter-
disziplinarität &
Problemlösungs-
orientiertheit
(Kap. 2.7.)

Diskussion
(Kap. 2.7.)

Name: _____

Klasse: _____

Seite 5 von 5

Anhand dieses Socio-Scientific Issues sollen die SchülerInnen das Thema Gentechnik und den Einsatz von Genetisch veränderten Organismen diskutieren und die Vor- und Nachteile herausarbeiten.

8.3 Kochen mit und ohne Strom

Lehrplanbezug

4. Klasse, Sekundarstufe I

Rohstoffquellen und ihre verantwortungsbewusste Nutzung

- Erwerb von chemischen Grundkenntnissen in praxisrelevanten Gebieten wie Energiequellen und neue Technologien
- Bedeutung, Gewinnung und Verarbeitung fossiler Rohstoffe
- Erkennen der Bedeutung chemischer Methoden bei der Minimierung von Schadstoffen

Dieses Experiment kann man in der Unterstufe durchführen, die Berechnung des Wirkungsgrades würde ich jedoch nicht vornehmen. Die Unterscheidung der Brennstoffgüte würde ich hinsichtlich dessen treffen, um wie viel Grad Celsius das Wasser bei Einsatz von 5 g Brennstoff erhitzt werden kann, bzw. wieviel Leistung bei den Kochplatten verbraucht wird. Die Eignung der Brennstoffe kann dann außerdem nach dem Grad des Rußens und der Rauchentwicklung für die Verwendung im Innenraum (Hütten zum Kochen in Entwicklungsländern) bewertet werden.

Einbettung

Dieses Thema eignet sich gut, um verschiedene Energiequellen zu besprechen, ihre Effizienz zu erforschen, den Wirkungsgrad als wichtige Kenngröße kennenzulernen und den Schadstoffausstoß bei der Energiegewinnung zu thematisieren. Die SchülerInnen lernen dabei sowohl etwas „ältere“ Methoden zum Erhitzen (von in diesem Fall Wasser) kennen, als auch moderne Hightech-Methoden. Im Kontext von Menschen in Afrika, die unter dem Schadstoffausstoß ihrer offenen Feuerstellen leiden, lernen sie etwas über die gesundheitlichen Auswirkungen von Schadstoffen, insbesondere von Rauch/Ruß, also Feinstaub.

Thematisierte SDGs

- Gesundheit und Wohlergehen
- Bezahlbare und saubere Energie
- Nachhaltige Infrastruktur und Industrialisierung
- Maßnahmen zum Klimaschutz
- Landökosysteme schützen

Notwendige Vorkenntnisse

- Umgang mit Laborgeräten
- Grundlegende Mathematik

Ziele

SchülerInnen können...

- ... selbständig ein Experiment durchführen
- ... mithilfe von mathematischen Formeln vergleichbare Ergebnisse erhalten
- ... ihre Erkenntnisse festhalten und bewerten
- ... Konsequenzen aus dem Experiment ableiten
- ... Ruß und Rauch als Schadstoffe zuordnen
- ... die gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub als Schadstoff einschätzen
- ... die Notwendigkeit des Ausbaus der Infrastruktur (Strom) in ländliche Räume von Entwicklungsländern anhand eines lebenswirklichen Beispiels argumentieren
- ... ökologische, gesundheitliche und wirtschaftliche Folgen für Menschen einschätzen, die von offenen Feuerstellen als einzige Kochmöglichkeit abhängig sind

Weiterführende Themen

- Luftschadstoffe
- Fossile und alternative Energiequellen

Fachliche Klärung

Laut UN (2019) sind saubere Brennstoffe und Technologien zum Kochen für ungefähr 3 Milliarden Menschen weltweit keine Selbstverständlichkeit. In weiten Regionen Afrikas kocht die Bevölkerung über offenen Feuerstellen in ihren Behausungen, wodurch sie Rauch und Abgasen in ihrem Wohnraum ausgesetzt sind. An dadurch ausgelösten Atemwegserkrankungen sterben ca. 4 Millionen Menschen frühzeitig (ebd.). Durch den Einsatz von kleinen Öfen, wie sie z. B. vom leobner Startup SEMINA gebaut werden, kann man bis zu 60 % Holz sparen und die Luftqualität in den Behausungen wird durch die Reduktion von Abgasen und Ruß dank vollständigerer Verbrennung erhöht (SEMINA, 2020).

Alternative Möglichkeiten zum Kochen, wie z. B. E-Herde wären in Afrika südlich der Sahara für große Teile der Landbevölkerung nutzlos, da die Infrastruktur zum Betreiben der Öfen fehlt, es gibt noch kein Stromnetz (UN, 2019).

Kochmöglichkeiten sind sehr wichtig für diese Menschen, da sie ja auch kein sauberes Wasser von der Leitung haben, so wie wir, sondern teilweise verschmutztes Wasser von Oberflächengewässern heranschaffen müssen. Um beispielsweise Diarrhoe ausgelöst durch E. Coli-Bakterien zu verhindern, ist es unabdingbar, das Trinkwasser durch abkochen zu desinfizieren.

Arbeitsblätter

Da diese Arbeitsblätter für die Unterstufe konzipiert sind, wurde speziell auf den sprachsensiblen Umgang geachtet und Wörter, die für die SchülerInnen unbekannt sind, nochmals in Form von Notizen am Rande erklärt.

Die wesentlichen Dinge wurden wieder unterstrichen, wie die Mengenangaben und die Materialien.

Für die Durchführung von Schlussrechnungen (die im übrigen gar nicht oft genug wiederholt werden können), wurden gestufte Hilfen beigelegt, die sich die SchülerInnen jederzeit holen können.

Wie wirtschaftlich und umweltfreundlich sind verschiedene Arten zu kochen?



Der Zugang zu Strom ist heute bereits für 89 % der Bevölkerung möglich, wobei vor allem der Ausbau in ländlichen Regionen Afrikas südlich der Sahara noch etwas hinkt. Dort sind die Menschen noch auf ineffiziente (und somit teure), umweltschädliche Brennstoffe angewiesen. Ca. 3 Milliarden Menschen stehen keine sauberen Brennstoffe und Technologie zum Kochen zur Verfügung. Rund vier Millionen Menschen sterben frühzeitig an Atemwegserkrankungen aufgrund der Luftverschmutzung durch solche Brennstoffe (UN, 2019). Für eine Reduktion der Luftverschmutzung muss eine möglichst effiziente Verbrennung stattfinden, für eine Kostenreduktion wäre ein möglichst hoher Wirkungsgrad wünschenswert.

Sensibilisierung
für (kulturelle)
Unterschiede
(Kap. 2.7.)

Versuchsdurchführung - Stationenbetrieb

Bildet 6 Gruppen und führt die aufgebauten Versuche beim Stationenbetrieb durch.



Bitte beachtet die Laborregeln und setzt die Schutzbrille auf, zieht den Arbeitsmantel an und bindet lange Haare zusammen!

Wirkungsgrad
beschreibt, wieviel von der aufgetragenen Energie tatsächlich da hinein fließt, wo sie hinein fließen soll

Station 1

Wägt 100 g Wasser in das Becherglas ein, misst die Temperatur und notiert sie.

Wägt 5 g Holzstückchen in die Keramikschale ein und stellt alles ins Stativ dazu.

Zündet den Brennstoff an und wartet, bis er abgebrannt ist. Rührt mit dem Glasstab um (nicht mit dem Thermometer!) und notiert die Endtemperatur. Das Thermometer sollte nie den Boden des Gefäßes berühren!

Achtet auch darauf, ob und wie viel Ruß sich bei dem Versuch gebildet hat. Falls es am Becherglas nicht sichtbar ist, haltet kurz ein Uhrglas mithilfe einer Holzklammer knapp über die Flamme und schaut euch das Uhrglas an. Legt es anschließend auf einer Korkunterlage ab.

Methodenvielfalt,
Problemlösungs-
orientierung
(Kap. 2.7.)

Station 2

Wägt 100 g Wasser in das Becherglas ein, misst die Temperatur und notiert sie.

Wägt 5 g Holzpellets in die Keramikschale ein und stellt alles ins Stativ dazu.

Zündet den Brennstoff an und wartet, bis er abgebrannt ist. Rührt mit dem Glasstab um (nicht mit dem Thermometer!) und notiert die Endtemperatur. Das Thermometer sollte nie den Boden des Gefäßes berühren!

Achtet auch darauf, ob und wie viel Ruß sich bei dem Versuch gebildet hat. Falls es am Becherglas nicht sichtbar ist, haltet kurz ein Uhrglas mithilfe einer Holzklammer knapp über die Flamme und schaut euch das Uhrglas an. Legt es anschließend auf einer Korkunterlage ab.

Name: _____ Klasse: _____

Seite 1 von 5

Die Sicherheitshinweise sind durch die rote Umrandung und die Zeichen nochmals hervorgehoben, sodass die Wahrscheinlichkeit, dass die SchülerInnen darauf vergessen, verringert wird. Gerade beim Hantieren mit Feuer ist es wichtig, dass lange Haare zusammengebunden werden.

Kochen mit und ohne Strom

Station 3

Wägt 100 g Wasser in das Becherglas ein, misst die Temperatur und notiert sie.

Wägt 5 g Ethanol in die Keramikschale ein und stellt alles ins Stativ dazu.

Zündet den Brennstoff an und wartet, bis er abgebrannt ist. Rührt mit dem Glasstab um (nicht mit dem Thermometer!) und notiert die Endtemperatur. Das Thermometer sollte nie den Boden des Gefäßes berühren!

Achtet auch darauf, ob und wie viel Ruß sich bei dem Versuch gebildet hat. Falls es am Becherglas nicht sichtbar ist, haltet kurz ein Uhrglas mithilfe einer Holzklammer knapp über die Flamme und schaut euch das Uhrglas an. Legt es anschließend auf einer Korkunterlage ab.

Station 4

Steckt das Leistungsmessgerät in die Steckdose und dann den Stecker der Induktionskochplatte ins Leistungsmessgerät.

Wägt 100 g Wasser in einen Topf ein, misst die Temperatur und notiert sie!

Erhitzt das Wasser um ca. 20 °C, rührt währenddessen mit dem Glasstab um. Das Thermometer sollte nie den Boden des Gefäßes berühren!

Dreht die Kochplatten ab, notiert euch die Endtemperatur und Leistung, die ihr laut Messgerät gebraucht habt.

Station 5

Wägt 100 g Wasser in das Becherglas ein, misst die Temperatur und notiert sie.

Wägt den Kartuschenbrenner vor dem Versuch ab und notiert seine Masse.

Zündet den Kartuschenbrenner und wartet, bis die Temperatur des Wassers um ca. 20 °C gestiegen ist.

Dreht dann das Gas ab und wägt den Kartuschenbrenner erneut. Notiert wieder die Masse und rechnet aus, wieviel Gramm Butangas ihr verbraucht habt.

Achtet auch darauf, ob und wie viel Ruß sich bei dem Versuch gebildet hat. Falls es am Becherglas nicht sichtbar ist, haltet kurz ein Uhrglas mithilfe einer Holzklammer knapp über die Flamme und schaut euch das Uhrglas an. Legt es anschließend auf einer Korkunterlage ab.

Diesen Versuch könnt ihr mit rauschender Flamme, oder leuchtender Flamme durchführen.



Station 6

Steckt das Leistungsmessgerät in die Steckdose und dann den Stecker der Kochplatte ins Leistungsmessgerät.

Wägt 100 g Wasser in einen Topf ein, misst die Temperatur und notiert sie!

Erhitzt das Wasser um ca. 20 °C, rührt währenddessen mit dem Glasstab um. Das Thermometer sollte nie den Boden des Gefäßes berühren!

Dreht die Kochplatten ab, notiert euch die Endtemperatur und Leistung, die ihr laut Messgerät gebraucht habt.

Name: _____

Klasse: _____

Seite 2 von 5

Es ist vermutlich in der Unterstufe noch nicht allen SchülerInnen klar, was leuchtende und rauschende Flamme bedeutet, und welche Unterschiede sie damit erzielen können. Bei diesem Versuch wird das schön veranschaulicht.



Kochen mit und ohne Strom



Ergebnisse

zum Versuch „Verschiedene Arten zu kochen“

Station Nr. 1	
Brennstoff:	
	T (Wasser in °C)
Anfang	
Ende	
Differenz	
Rußbildung?	

Station Nr. 2	
Brennstoff:	
	T (Wasser in °C)
Anfang	
Ende	
Differenz	
Rußbildung?	

Station Nr. 3	
Brennstoff:	
	T (Wasser in °C)
Anfang	
Ende	
Differenz	
Rußbildung?	

Station Nr. 4 - Induktionskochplatte		
	Temperatur (Wasser in °C)	Verbrauchte Leistung
Anfang		
Ende		
Differenz		

Station Nr. 5 – leuchtende Flamme		
Brennstoff:		
	Masse (Gaskartusche in g)	Temperatur (Wasser in °C)
Anfang		
Ende		
Differenz		
Rußbildung?		

Station Nr. 5 – rauschende Flamme		
Brennstoff:		
	Masse (Gaskartusche in g)	Temperatur (Wasser in °C)
Anfang		
Ende		
Differenz		
Rußbildung?		

Wie sehen die rauschende und die leuchtende Flamme aus und wie bekommst du sie?

Station Nr. 6 - Heizplatte:		
	Temperatur (Wasser in °C)	Verbrauchte Leistung
Anfang		
Ende		
Differenz		

Name: _____

Klasse: _____

Seite 3 von 5

Die Vorlage dient dem strukturierten Erfassen von gesammelten Daten. Sie soll sicherstellen, dass alle später benötigten, wichtigen Informationen auch festgehalten werden. Die Wiederholung zur rauschenden/leuchtenden Flamme soll das gerade neu erworbene Wissen aus dem Experiment festigen.

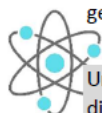
Kochen mit und ohne Strom

Informationsblatt zum Feinstaub- und CO₂-Ausstoß der einzelnen Heizarten

Heizart	Wirkungsgrad	Emissionen beim Kochen
Holz	~ 14 % *	CO ₂ : 2 g/m ³ Feinstaub: 0,075 g/m ³ Polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe aus dem Harz und anderen Pflanzeninhaltsstoffen
Pellets = Abfallprodukt der Holzindustrie	~ 21 % *	CO ₂ : 2 g/m ³ Feinstaub: 0,05 g/m ³ Polyzyklische, aromatische Kohlenwasserstoffe aus Harz und anderen Pflanzeninhaltsstoffen
Butan (Kartuschenbrenner)	30 – 40 %	~ 3 g CO ₂ pro g Butan * bei vollständiger Verbrennung
Spiritus	~ 47 % *	~ 0,92 g CO ₂ pro g Spiritus * bei vollständiger Verbrennung
Heizplatte	50 – 60 %	
Induktionskochplatte	55 – 65 %	

* aus eigenen Berechnungen/Versuchen

Für das Einschätzen der Umweltfreundlichkeit ist es auch sinnvoll zu überlegen, wieviel Energie und/oder Emissionen für die Herstellung des Brennstoffes bereits verbraucht wurden. Für die Frage, welche Art zu kochen für die Menschen, die bisher über offenen Feuerstellen in ihren Behausungen gekocht haben, die beste ist, könnte man diese Überlegungen außen vor lassen.



Um das **Butangas** mit den anderen Brennstoffen vergleichen zu können, kannst du dir mithilfe einer Schlussrechnung ausrechnen, um wie viel Grad du das Wasser mit 5 g Butangas erhitzen hättest können.

Für den Vergleich ist diese Rechnung ausreichend. Da Wasser bei _____ °C siedet (unter Normalbedingungen), könnte die Berechnung für die Realität eventuell nicht zutreffend sein.

Wirkungsgrad
beschreibt, wieviel von der aufgebrachten Energie tatsächlich da hinein fließt, wo sie hinein fließen soll

Inter-
disziplinarität
& Problem-
lösungs-
orientiertheit
(Kap. 2.7.)

Name: _____

Klasse: _____

Seite 4 von 5

Dieses Informationsblatt ersetzt die Berechnung des Wirkungsgrades. Da dieser jedoch eine praktische Größe zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit darstellt, sollte er den SchülerInnen bekannt sein. Die Schlussrechnung mit dem Butan dient der Vereinfachung. Da Wasser bei 100 °C siedet, wäre sie für die Realität natürlich sinnlos.



Kochen mit und ohne Strom

Welche Art zu kochen würdest du den Menschen in Afrika südlich der Sahara empfehlen (Hinsichtlich Gesundheit, Kosten, Verfügbarkeit, ...)? Begründe deine Antworten!

Problem-
lösungs-
orientiertheit
(Kap. 2.7.)

Welche Art zu kochen würdest du zu Hause wählen und warum?

Partizipation
& lokale
Relevanz
(Kap. 2.7.)

Hast du weitere Ideen, wie man den Menschen helfen könnte, die bisher auf offene Feuerstellen in ihren Behausungen angewiesen waren? Welche Methoden fallen dir vielleicht noch ein, um effizienter zu kochen?

Name: _____

Klasse: _____

Seite 5 von 5

Die SchülerInnen sollen aufgrund ihrer gewonnen Daten Schlüsse für sich selbst und auch hinsichtlich des gebotenen Problem es ziehen und dabei die unterschiedlichen Möglichkeiten berücksichtigen, die sie selbst und Menschen in Entwicklungsländern haben.

Kochen mit und ohne Strom

Gestufte Hilfe 1 für die Schlussrechnung

(Um wieviel Grad Celsius könnte ich 100 g Wasser theoretisch durch das Verbrennen von 5 g Butangas erhitzen?)

_____ g Butangas → Die Temperatur des Wassers steigt um _____ °C

5 g Butangas → Die Temperatur des Wassers steigt um **x °C**

Gib bei den Strichen in der 1. Zeile deine Messwerte an und bilde dann die Schlussrechnung

Gestufte Hilfe 2 für die Schlussrechnung

$$a \text{ [g]} = b \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

$$5 \text{ [g]} = x \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$



$$a : b = 5 : x$$

x ist gesucht, also wandeln wir die Formel nach x um.

$$a : b = 5 : x \quad / \cdot x$$

$$(a : b) \cdot x = 5 \quad / : (a : b)$$

$$x = 5 / (a : b) = (5 \cdot b) / a$$

$$\frac{5 \text{ [g]}}{a \text{ [g]}} \cdot b \text{ [}^{\circ}\text{C]} = x \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

a = gewogene Masse an verbrauchtem Butangas

b = gemessene Temperaturdifferenz, um die das Wasser erhitzt worden ist

x = gesuchte, theoretische Temperaturerhöhung

Die Werte für a und b könnt ihr aus eurem Experiment entnehmen! ACHTUNG es handelt sich um die jeweiligen Temperatur- und Massedifferenzen!

Die erste gestufte Hilfe soll die SchülerInnen an die Darstellung von Schlussrechnungen aus dem Mathematikunterricht erinnern und ihnen so helfen, diese durchzuführen.

Ist das nicht genug, gibt es bei der zweiten gestuften Hilfe die Lösung in Form einer Formel. Wie man auf diese Formel kommt, wird jedoch erklärt, um einen möglichen Lerneffekt zu erzielen.

9 Fazit und Ausblick

Wir befinden uns bereits in der zweiten UN-Weltdekade für nachhaltige Entwicklung (Agenda 2030) und trotzdem kennt ca. die Hälfte der befragten Chemie-Lehrkräfte und noch weniger Studierende die Sustainable Development Goals und das Konzept Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Sowohl bei der Umsetzung der Sustainable Development Goals weltweit als auch bei der Integration von Bildung für nachhaltige Entwicklung speziell in den Chemieunterricht besteht aufbauend auf den Ergebnissen dieser Arbeit noch großer Handlungsbedarf. Durch Aufklärungsarbeit für Studierende und Lehrpersonen und das Vorstellen von zeitsparenden, inklusiven und motivierenden Methoden zur Umsetzung von BnE könnte die Implementierung von sozialer und ökonomischer Nachhaltigkeit zusätzlich zur Green Chemistry in den Chemieunterricht vorangetrieben werden. Diese sind z. B.:

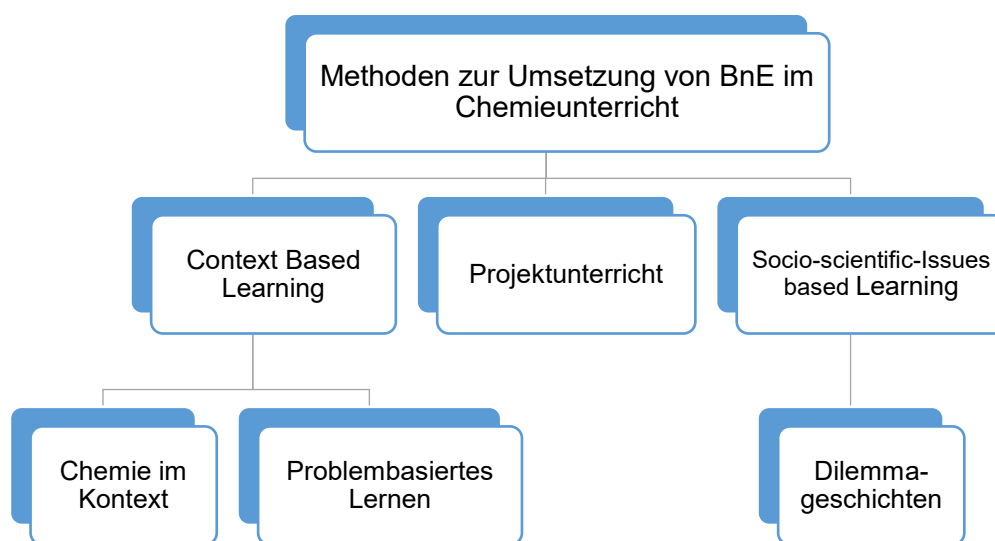


Abb. 57 Methoden zur Umsetzung von BnE im Chemieunterricht

Eine umfangreiche Sammlung an Materialien und ein Methodenhandbuch könnten als sinnvolle Hilfestellungen für ChemielehrerInnen dienen. Geeignete Plattformen für intensiven Ideenaustausch und verpflichtende Fortbildungen hinsichtlich Bildung für nachhaltige Entwicklung könnten ebenfalls zielführend sein. Bereits bestehende Plattformen, wie z. B. vom Dekadenbüro für BnE, des Zentrum polis oder von ÖKOLOG könnten bekannter gemacht und so auch besser genutzt werden.

Vor allem Universitäten und Pädagogische Hochschulen sind in diesem Fall gefragt, die nötige Sach- und Methodenkompetenz auch zu vermitteln und Lehrveranstaltungen und auch Fortbildungen anzubieten, in denen BnE vertieft behandelt wird. Die Ergebnisse von Burmeister & Eilks (2013b), die bei ihrer partizipationsorientierten Erprobung eines neuen Kursmodules entstanden, sollten für die Entwicklung neuer Lehrveranstaltungen in diesem Zweig berücksichtigt werden. Da es auch Lehrpersonen sind, die beim Verfassen von Schulbüchern maßgeblich mitarbeiten, könnte somit auch die Thematisierung in den Schulbüchern vorangetrieben werden.

Mit der vorliegenden Masterarbeit wurde ein erster Schritt gemacht, nicht nur zu erheben, welche Bedeutung ChemielehrerInnen und LehramtsstudentInnen in Österreich der Bildung für nachhaltige Entwicklung beimessen (vgl. Kapitel 6), sondern es konnte auch aufgezeigt werden, wie konkrete Unterrichtsmaterialien aussehen können (vgl. Kapitel 8). Pädagogische Prinzipien und Methoden zur Umsetzung wurden vorgestellt und können zur Unterstützung und Anregung bei weiteren Planungen herangezogen werden (vgl. Kapitel 2.7). Die siebzehn Ziele für nachhaltige Entwicklung wurden erläutert und bereits mit Themen des Chemieunterrichts verknüpft, wodurch mögliche Inspiration für weitere Einbettung geschaffen wurde (vgl. Kapitel 2.3). Dass dies vor allem den allgemeinen Bildungszielen entspricht und die SDGs auch mit dem Lehrplan von Chemie harmonisieren, konnte in Kapitel 2.5 eindeutig gezeigt werden.

Weitläufigere Studien auch im Bereich der Mittelschulen und Berufsbildenden Höheren Schulen in Österreich würden noch genauere Einblicke in die Bildungslandschaft und die Einstellung der Lehrenden zu diesem Thema geben und weitere mögliche Handlungsstrategien offenlegen. Dass dies in Form von wissenschaftlichen Untersuchungen in Zukunft auch gemacht wird, bleibt zu hoffen.

10 Anhang

10.1 Fragebogen



SDGimChemieunterricht → BnE_im_Chemieunterricht

Seite 01

Fragebogenstudie zum Thema Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht

Sehr geehrte Damen und Herren!

Im Rahmen meiner Masterarbeit am Institut für Didaktik der Chemie der Universität Wien erforsche ich, ob und inwiefern das Konzept "Bildung für nachhaltige Entwicklung" schon bei ChemielehrerInnen und LehramtsstudentInnen bekannt ist. Des weiteren beschäftige ich mich mit der Umsetzbarkeit im Unterricht (Form, Herausforderungen, Chancen).

Für StudentInnen gilt: Nehmt an, ihr würdet schon in der Klasse stehen und Chemie unterrichten. Gebt dann bitte eure Einschätzungen unter diesem Hintergrund an!

Die Beantwortung des Fragebogens wird 5 – 10 Minuten in Anspruch nehmen.

WICHTIG: Es geht rein um Ihre Einschätzungen und persönlichen Präferenzen, es gibt also bei diesem Fragebogen kein richtig oder falsch! Um sinnvolle Ergebnisse zu bekommen bitte ich Sie daher, die Fragen ehrlich zu beantworten. Vielen Dank!

Die angegebenen Daten sind anonymisiert und werden ausschließlich für meine Studie im Rahmen der Masterarbeit verwendet! Durch die Teilnahme an der Fragebogenstudie stimmen Sie der Verwendung Ihrer Daten für die Masterarbeit zu.

Falls Sie Fragen zur Studie haben, erreichen Sie mich unter bne_im_chemieunterricht@gmx.at.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Seite 02

1. Welcher Altersgruppe ordnen Sie sich zu?

- ☐ 20 – 35 Jahre
- ☐ 36 – 50 Jahre
- ☐ > 50 Jahre

2. Welchem Geschlecht ordnen Sie sich zu?

[Bitte auswählen] ▼ (männlich, weiblich, divers)

3. In welchem Schultyp unterrichten Sie?

- ☐ NMS
- ☐ AHS
- ☐ BHS
- ☐ BMS
- ☐ PTS
- ☐ Ich bin noch StudentIn.
- ☐

4. Welche fachliche Ausbildung haben Sie

- ☐ Pädagogische Hochschule
- ☐ Universität
- ☐ Ich bin im Fach Chemie geprüft.
- ☐ Ich unterrichte Chemie fachfremd.
- ☐

5. Welche Schwerpunkte setzen Sie in Ihrem Chemieunterricht?

Bewerten Sie folgende Kompetenzen/Fähigkeiten danach, für wie wichtig Sie sie halten.

	sehr wichtig	wichtig	eher un- wichtig	un- wichtig
Theoretische Kenntnisse (Erlernen von Fachbegriffen, Kenntnis verschiedener chemischer Verbindungen,...)	☐	☐	☐	☐
Anwendung von Grundkonzepten (Verständnis von Vorgängen auf der Teilchenebene, Chemisches Gleichgewicht,...)	☐	☐	☐	☐
Kenntnis und Anwendung verschiedener Modelle (Schalenmodell, Atommodell, Molekülorbitalmodell, Akzeptor-Donator-Prinzip, Welle-Teilchen-Dualismus, ...)	☐	☐	☐	☐
Einbeziehung von politischen, medialen und ethischen Aspekten in den Chemieunterricht	☐	☐	☐	☐
Sensibilisierung der SchülerInnen für (umwelt-)politische Themen	☐	☐	☐	☐

6. Gibt es weitere, für Sie wichtige Schwerpunkte, die in der oben stehenden Auflistung nicht beinhaltet sind?

Wenn ja, bitte führen Sie diese an und gewichten Sie sie mit den Ziffern 1 – 4

(1 = sehr wichtig, 4 = unwichtig)

7. Was sollen die Schülerinnen und Schüler (SuS) sich von Ihrem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen?

Ordnen Sie den folgenden Punkten Ihre Prioritäten zu. (SuS = Schülerinnen und Schüler)

	Sehr wichtig	wichtig	eher unwichtig	unwichtig
SuS sollen sich fachlich in Chemie gut auskennen	☐	☐	☐	☐
SuS sollen basierend auf ihrem erlernten Wissen später (auch politisch relevante) Entscheidungen treffen können.	☐	☐	☐	☐
SuS sollen zu mündigen Erwachsenen werden.	☐	☐	☐	☐
SuS sollen die grundlegenden Konzepte der Chemie verstanden haben.	☐	☐	☐	☐
SuS sollen wissen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse zustande kommen (Erwerb von scientific literacy).	☐	☐	☐	☐
SuS sollen kritisch mit Medien umgehen können.	☐	☐	☐	☐

8. Gibt es weitere, für Sie wichtige Dinge, die sich Ihre SchülerInnen aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen sollen?

Wenn ja, bitte führen Sie diese an und gewichten Sie sie mit den Ziffern 1 – 4.

(1 = sehr wichtig, 4 = unwichtig)

Seite 05**9. Was verstehen Sie unter dem Begriff „Nachhaltigkeit“?**

Beschreiben Sie bitte kurz, was Sie mit „Nachhaltigkeit“ assoziieren.

Seite 06**10. Haben Sie schon etwas von den Sustainable Development Goals (SDGs) oder Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen gehört?**

Bitte zutreffendes ankreuzen!

- ☐ Ja, ich habe schon davon gehört.
- ☐ Nein.

Seite 07**11. Welche Themenfelder würden Sie den Zielen für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals) zuordnen?**

Mehrfachnennungen sind möglich!

- ☐ Soziale und gesellschaftliche Themen wie Gleichberechtigung und Gender
- ☐ Aspekte wie Wirtschaftswachstum und Schaffung/Sicherung menschenwürdiger Arbeitsplätze
- ☐ Umweltschutz + Umweltpolitische Aspekte
- ☐ Entwicklungen in urbanen und ländlichen Lebensräumen für Menschen
- ☐ Energiewirtschaftliche Aspekte
- ☐ Humanitäre Hilfe und Entwicklungspolitik
- ☐ Friedensarbeit und Bildung
- ☐ Umgang mit Ressourcen

☐ keine

Seite 08

12. Haben Sie schon etwas von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE) gehört?

- ☐ Ja, ich habe schon davon gehört.
- ☐ Ja, ich setze diese Konzepte in meinem Chemieunterricht um.
- ☐ Ja, ich bin jedoch von diesen Konzepten nicht überzeugt.
- ☐ Nein.

Seite 09

BnEneg

13. Welche Themenfelder würden Sie „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ zuordnen?

Mehrfachnennung möglich!

- ☐ Soziale und gesellschaftliche Themen wie Gleichberechtigung und Gender
- ☐ Aspekte wie Wirtschaftswachstum und Schaffung/Sicherung menschenwürdiger Arbeitsplätze
- ☐ Umweltschutz + Umweltpolitische Aspekte
- ☐ Entwicklungen in urbanen und ländlichen Lebensräumen für Menschen
- ☐ Energiewirtschaftliche Aspekte
- ☐ Humanitäre Hilfe und Entwicklungspolitik
- ☐ Friedensarbeit und Bildung
- ☐ Umgang mit Ressourcen

☐ keine

14. Bei welchen Themen integrieren Sie BnE in Ihrem Unterricht in der Unterstufe?

Unten finden Sie die Kernthemen laut Lehrplan. Mehrfachnennungen sind möglich!

- ☐ Unterscheidung von Reinstoffen und Gemengen
 - ☐ Trennverfahren und deren Anwendung
 - ☐ Teilchen- und Atommodell
 - ☐ Chemische Symbol- und Formelsprache
 - ☐ Redox-Reaktionen
 - ☐ Säuren und Basen
 - ☐ Umweltchemie (Luft, Boden, Wasser)
 - ☐ Gesundheitserziehung
-

- ☐ Ich unterrichte nicht in der Unterstufe.
- ☐ Keines der angeführten Themengebiete.

Bei welchen Themen integrieren Sie BnE in Ihrem Unterricht in der Oberstufe?

Unten finden Sie die Kernthemen laut Lehrplan. Mehrfachnennungen sind möglich!

- ☐ Unterscheidung von Reinstoffen und Gemengen
 - ☐ Trennverfahren und deren Anwendung
 - ☐ Teilchen- und Atommodell
 - ☐ Chemische Symbol- und Formelsprache
 - ☐ Redox-Reaktionen
 - ☐ Säuren und Basen
 - ☐ Stoff- und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen
 - ☐ Thermodynamik & Kinetik
 - ☐ Stöchiometrie
 - ☐ Lösungs- und Komplexbildungsgleichgewichte
 - ☐ Elektrochemie
 - ☐ Gewinnung und Verwendung anorganisch-chemischer Grundprodukte
 - ☐ Natürliche und anthropogene Stoffkreisläufe
 - ☐ Umgang mit materiellen und energetischen Ressourcen
 - ☐ Entstehung und Wirkung von Schadstoffen (Luft, Wasser, Toxine)
 - ☐ Chemische Vorgänge im Haushalt
 - ☐ Analytische Chemie
 - ☐ Gewinnung und Verwendung organisch-chemischer Grundprodukte
 - ☐ Biochemie & Stoffwechsel
 - ☐ Gewinnung, Verwendung und Wiederverwertung makromolekularer Stoffe
 - ☐ Abhängigkeit des Menschen von seiner stofflichen Umwelt
 - ☐ Lebensmittelchemie
 - ☐ Gesundheitsfördernder und bewusster Umgang mit Stoffen der Alltagswelt
-
- ☐ Ich unterrichte nicht in der Oberstufe.
 - ☐ Keines der angeführten Themengebiete.

15. Welche SDGs kann man Ihrer Meinung nach am besten im Chemieunterricht integrieren?

Mehrfachnennungen möglich!

- ☐ Keine Armut
 - ☐ Kein Hunger
 - ☐ Gesundheit und Wohlergehen
 - ☐ Hochwertige Bildung
 - ☐ Geschlechtergleichheit
 - ☐ Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen
 - ☐ Bezahlbare und saubere Energie
 - ☐ Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
 - ☐ Industrie, Innovation und Infrastruktur
 - ☐ Weniger Ungleichheiten
 - ☐ Nachhaltige Städte und Gemeinden
 - ☐ Nachhaltiger Konsum und Produktion
 - ☐ Maßnahmen zum Klimaschutz
 - ☐ Leben unter Wasser
 - ☐ Leben an Land
 - ☐ Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen
-

☐ keine davon

16. In welcher Form integrieren Sie Bildung für nachhaltige Entwicklung in Ihrem Chemieunterricht?

Mehrfachnennungen möglich!

- ☐ Fächerübergreifende Projektarbeiten (z. B. im Wahlbereich/ Schwerpunktunterricht)
 - ☐ Projektarbeiten
 - ☐ Gruppenarbeiten
 - ☐ Diskussionen
 - ☐ Hintergrundthema/Überthema zu bestimmten theoretischen Inhalten
-

☐ keine davon

17. Welche Probleme sehen Sie bei der Umsetzung von BnE im Chemieunterricht?

Mehrfachnennungen möglich! Falls ein Problem, das Sie sehen, nicht angeführt ist, bitte ich Sie, es in der offenen Frage zu ergänzen!

- ☐ Zeitmangel
 - ☐ SchülerInnen sind noch nicht reif genug
 - ☐ Themen sind in der Lebenswelt der SchülerInnen nicht relevant
 - ☐ Es ist nicht meine Aufgabe, die SDG in den Unterricht einzubinden
 - ☐ Zu hoher Vorbereitungsaufwand
 - ☐ Zu wenig (schülergerechte) Literatur
 - ☐ Zu wenig fertige Unterrichtsmaterialien/-vorschläge
 - ☐ Themen finden sich nicht im Schulbuch
 - ☐ weitere Probleme
-

☐ keines davon

18. Wie könnte man es Ihnen erleichtern, die SDGs in Ihren Chemieunterricht einzubauen?

Mehrfachauswahl möglich! Wenn Sie weitere Ideen haben, führen Sie diese bitte im leeren Feld an!

- ☐ Fortbildungen
 - ☐ Gute, fertige bzw. leicht adaptierbare Unterrichtsmaterialien
 - ☐ Themen im Schulbuch
 - ☐ Anregungen in Fachliteratur
 - ☐ weitere Ideen
-

☐ keine davon

19. Welche Chancen/Benefits sehen Sie bei der Umsetzung von BnE im Chemieunterricht?

Mehrfachnennung möglich!

- ☐ SchülerInnen erlangen Medienkompetenz
 - ☐ SchülerInnen können evidenzbasierte Entscheidungen treffen
 - ☐ SchülerInnen können sich Inhalte fürs Leben mitnehmen
 - ☐ Chemisches (theoretisches) Wissen wird für SchülerInnen interessanter/greifbarer
 - ☐ Chemisches (theoretisches) Wissen bleibt besser hängen (weil es mit Emotionen verbunden wird)
 - ☐ weitere Chancen/Benefits
-

☐ keine

Seite 11

21. Welche Gründe hat es, dass Sie die SDGs im Chemieunterricht nicht umsetzen?

- ☐ noch nie davon gehört
- ☐ nichts dazu im Schulbuch
- ☐ Zeitmangel
- ☐ zu aufwändig
- ☐ passen meiner Meinung nach zu keinen Themengebieten
- ☐ SchülerInnen sind noch nicht reif genug
- ☐ Themen sind in der Lebenswelt der SchülerInnen nicht relevant
- ☐ Es ist nicht meine Aufgabe, die SDG in den Unterricht einzubinden.
- ☐ zu hoher Vorbereitungsaufwand
- ☐ zu wenig (schülergerechte) Literatur
- ☐ zu wenig fertige Unterrichtsmaterialien/-vorschläge
- ☐ weitere Gründe

22. Welche Sustainable Development Goals könne man Ihrer Meinung nach am besten im Chemieunterricht integrieren?

Mehrfachauswahl möglich! Unten finden Sie 16 SDGs der UN zur Auswahl.

- ☐ Armut beenden
- ☐ Kein Hunger
- ☐ Gesundheit und Wohlergehen
- ☐ Hochwertige Bildung
- ☐ Geschlechtergleichheit
- ☐ Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen
- ☐ Bezahlbare und saubere Energie
- ☐ Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
- ☐ Industrie, Innovation und Infrastruktur
- ☐ Weniger Ungleichheiten
- ☐ Nachhaltige Städte und Gemeinden
- ☐ Nachhaltiger Konsum und Produktion
- ☐ Maßnahmen zum Klimaschutz
- ☐ Leben unter Wasser
- ☐ Leben an Land
- ☐ Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen

23. Wie könnte man es Ihnen erleichtern, die SDGs in Ihren Chemieunterricht einzubauen?

Mehrfachauswahl möglich! Wenn Sie weitere Ideen haben, führen Sie diese bitte im leeren Feld an!

- ☐ Fortbildungen
- ☐ Gute, fertige bzw. leicht adaptierbare Unterrichtsmaterialien
- ☐ Themen im Schulbuch
- ☐ Anregungen in Fachliteratur
- ☐

-
- ☐ keine davon

24. In welcher Form könnte man Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE) im Chemieunterricht umsetzen?

Mehrfachnennung möglich! Falls Sie weitere Ideen haben, bitte im Eingabefeld ergänzen!

- ☐ Fächerübergreifende Projektarbeiten (z. B. im Wahlbereich/ Schwerpunktunterricht)
- ☐ Projektarbeiten
- ☐ Gruppenarbeiten
- ☐ Diskussionen
- ☐ Hintergrundthema/Überthema zu bestimmten theoretischen Inhalten
- ☐ weitere Ideen

Seite 12

25. Haben Sie noch weitere Anmerkungen zu diesem Thema?

Ich würde mich freuen, wenn Sie mir noch weiteren Input geben würden!

Impulsfragen:

Was ist Ihre Meinung zum Thema Nachhaltigkeit im Chemieunterricht?

Welche Relevanz/Bedeutung messen Sie dem Thema Nachhaltigkeit im Chemieunterricht bei?

Letzte Seite

Vielen Dank für die Teilnahme an dieser Umfrage! Falls Sie Fragen oder Anregungen haben, können Sie mich unter bne_im_chemieunterricht@gmx.at erreichen.

BEd. Bettina Seisenbacher, Universität Wien – 2020

10.2 Lösungs- und Informationsblätter zu den Unterrichtsentwürfen

10.2.1 Goldbergbau



Informationsblatt

LehrerInneninformationsblatt zum Experiment

	2M NaOH	2M NH ₃	0,5M KI	1M NH ₄ SCN
0,1 M AgNO ₃	braun-schwarzer Niederschlag	Grau-brauner Niederschlag, im Überschuss löslich !	Gelber NS	Weißer Niederschlag, im Überschuss löslich
0,05 M Ni(NO ₃) ₂	Blassgrüner Niederschlag	Grüner Niederschlag, im Überschuss blaue Lösung		Dunkelgrüne Lösung
0,05 M FeCl ₃	Rot-brauner Niederschlag	Rot-brauner Niederschlag	Gelbbraune Lösung	Blutrote Lösung
0,2 M Cu(NO ₃) ₂	Blauer Niederschlag	Blauer Niederschlag, im Überschuss tiefblaue Lösung	Weißer Niederschlag	Zunächst Bildung von schwarzem Niederschlag, dann weißer Niederschlag

! Nach dem Versuch mit 3 Tropfen halbkonz. HNO₃ ansäuern, da sonst Explosionsgefahr herrscht!
(Ag₃N & Ag₂NH bilden ein leicht explodierendes Gemisch)

Quellen:

Praktikumsunterlagen Chemisches Grundpraktikum Einführende Laborübungen der Universität Wien, November 2013

Tabelle zu Nachweisreaktionen von Kationen der Österreichischen Chemieolympiade, Online unter:

<https://www.oecho.at/assets/de/materialien/tabellen/blauesblatt2b.pdf>, abgerufen am 25.01.2021

Iodometrie – Kupferiodid, Online unter: <https://www.chemie.de/lexikon/Iodometrie.html>, abgerufen am 25.01.2021

Tüpfeln

Tüpfeln spart Zeit und Chemikalien, da die SchülerInnen nur einige Tropfen der Chemikalien verwenden und nicht 12 Epprouvetten abwaschen müssen.



Sind keine Tüpfelplatten vorhanden, kann man alternativ auch mit laminierten, selbst gemachten Tüpfelblättern arbeiten, den man sich unter <https://www.oecho.at/assets/de/materialien/tabellen/Raster-2.0.pdf> downloaden kann.

Zeitaufwand

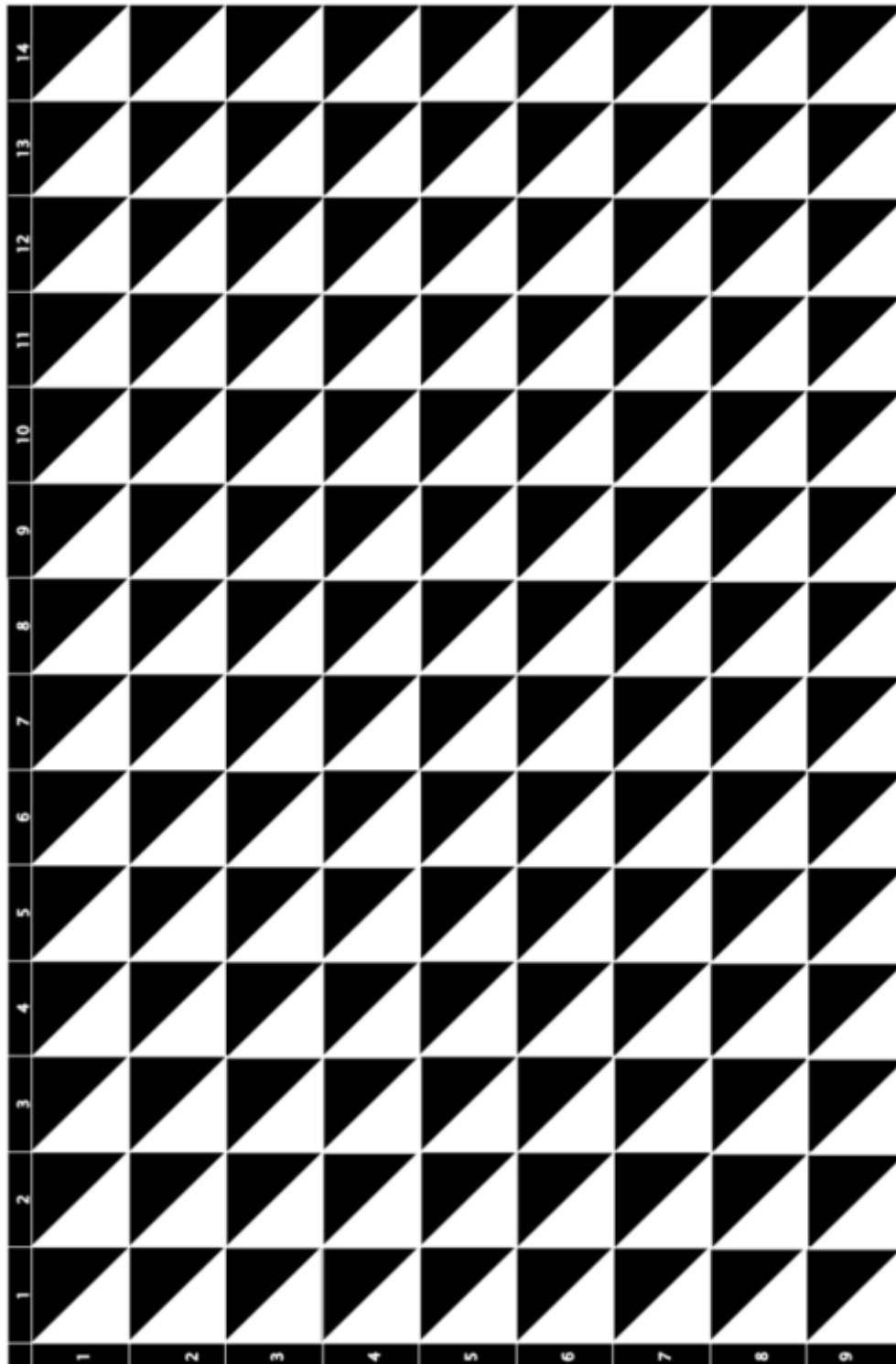
ca. 1 Unterrichtseinheit inkl. Besprechung

Gefahrenhinweise

2 M NaOH	 GEFAHR	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
2 M NH ₃	 GEFAHR	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein Verursacht Hautreizungen Verursacht schwere Augenschäden
10 % KI-Lösung	 GEFAHR	Schädigt die Organe (Schilddrüse) bei längerer oder wiederholter Exposition (bei Verschlucken)
1 M NH ₄ SCN	Nicht erforderlich	
0,1 M AgNO ₃	  ACHTUNG	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein Verursacht Hautreizungen Verursacht schwere Augenreizung Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung
Ni(NO ₃) ₂ -Lösung 10g/L in 1% HNO ₃	  GEFAHR	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. Verursacht Hautreizungen. Kann allergische Hautreaktionen verursachen. Verursacht schwere Augenreizung. Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen. Kann vermutlich genetische Defekte verursachen. Kann bei Einatmen Krebs erzeugen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition (bei Einatmen). Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
10%ige FeCl ₃ -Lösung	  GEFAHR	Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. Verursacht Hautreizungen. Verursacht schwere Augenschäden.
Cu(NO ₃) ₂ * 3H ₂ O	   GEFAHR	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel Gesundheitsschädlich bei Verschlucken Verursacht Hautreizungen Verursacht schwere Augenreizung Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

Leider waren nicht von jedem Stoff die Sicherheitsdatenblätter von der richtigen Verdünnung auffindbar. Die Konzentrationen, für die die GHS-Sätze gelten, stehen in der Auflistung.

Quellen: Carloth und Merck





Fasse die vorgestellten Abbaumethoden von Gold noch einmal kurz zusammen und stelle dann jeweils ihre Vor- und Nachteile hinsichtlich

- Wirtschaftlichkeit,
- ökologischer Aspekte und
- gesundheitlicher Aspekte gegenüber!

Goldwaschen

Handelt es sich um ein physikalisches oder ein chemisches Trennverfahren?	Physikalisches Trennverfahren
Beschreibe die Goldgewinnung mit diesem Verfahren kurz.	Das Gold hat eine höhere Dichte, als das Gestein und sinkt somit ab. Durch das ständige Drehen und Rütteln des Goldsiebes werden Verunreinigungen weggewaschen und das Gold bleibt übrig.
Vorteile	Nachteile
Keine Chemikalien nötig → relativ umweltfreundlich	Geringe Ausbeute → relativ unwirtschaftlich

Cyanidlaugung

Handelt es sich um ein physikalisches oder ein chemisches Trennverfahren?	Chemisches Trennverfahren
Beschreibe die Goldgewinnung mit diesem Verfahren kurz.	Gesteinsmehl wird mit Na-/K-Cyanid versetzt, das Gold bildet unter Luftzufuhr einen Komplex und feste Bestandteile (Gestein, Verunreinigungen) können abgetrennt werden. Nach Reduktion mit Zink und aufkonzentrierung, Filtration, Waschen, Trocknen und Schmelzen bekommt man das Rohgold.
Vorteile	Nachteile
Sehr hohe Ausbeute → wirtschaftlich	Aufwändiger chemischer Prozess, bei dem viel Energie und Chemikalien verbraucht werden Giftiges Cyanid in Abwasser

Amalgamverfahren

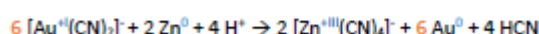
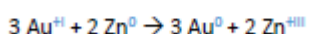
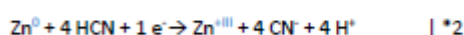
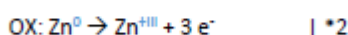
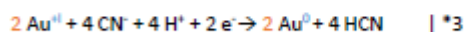
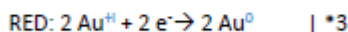
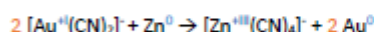
Handelt es sich um ein physikalisches oder ein chemisches Trennverfahren?	Chemisches Trennverfahren
Beschreibe die Goldgewinnung mit diesem Verfahren kurz.	Dem Gesteinsmehl wird flüssiges Quecksilber beigegeben, das das Gold löst, wodurch sich ein Amalgam (also eine Legierung mit Hg) bildet. Durch verdampfen des Quecksilbers bleibt Gold übrig.
Vorteile	Nachteile
Einfaches Verfahren, gute Ausbeute	Giftiges Quecksilber wird eingesetzt und bei unsachgemäßer Anwendung auch freigesetzt.



Elektrolyse – Redox-Gleichung

TRANSFER

Der letzte Schritt der Cyanidlaugung ist die Elektrolyse des Goldkomplexes $[\text{Au}^{\text{III}}(\text{CN})_2]^-$ mit metallischem Zink, wobei ein Zinkkomplex $[\text{Zn}^{\text{II}}(\text{CN})_4]^{2-}$ und metallisches Gold entstehen. Formuliere die stöchiometrisch korrekte Redox-Gleichung mithilfe der Halbgleichungen:



Findest du die Goldgewinnung problematisch? Begründe kurz deine Meinung!

REFLEXION

Mit welcher Methode wird der teils illegale Goldabbau in Südamerika laut diesem Artikel durchgeführt?

Mit dem Amalgamverfahren _____

Welche (Umwelt-)Probleme und Gesundheitsrisiken bringt der illegale Goldabbau in Kolumbien mit sich?

Quecksilberdämpfe sind sowohl giftig für Tiere und Wasserorganismen, als auch für Menschen. Es handelt sich dabei um Neurotoxine, die sich in der Umwelt entlang der Nahrungskette anreichern. Essen wir mit Hg kontaminierte Tiere, so akkumuliert sich das Quecksilber auch in uns, genauer gesagt vor allem im Zentralen Nervensystem, wo es zu Nervenschädigungen („Hutmachersyndrom“ führt. _____

Welche Vorteile sehen die Gemeinden im Goldabbau in dieser Region?

Die Gemeinden können Profit aus den Resten der Minenbetreiber schlagen. Das ist in armen, von Korruption geplagten Ländern natürlich von Vorteil. _____

Diskussionsfrage über den Artikel hinaus:

TRANSFER

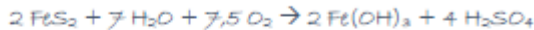
Welches grundsätzliche Problem könnte in dieser Region vorherrschen, dass die Einwohner den Goldabbau teilweise befürworten?

Armut _____



Formuliert eine stöchiometrisch ausgeglichene Reaktionsgleichung dazu!

„Pyrit oder sogenanntes Katzensgold (FeS_2) oxidiert in Wasser und unter Sauerstoffeinfluss zu Schwefelsäure und Eisen(III)hydroxid“



Welche (Umwelt-)Probleme und Gesundheitsrisiken birgt Acid Mine Drainage?

Durch den hohen pH-Wert werden mehr Schwermetalle aus dem Gestein ausgewaschen. Gelöste, teils radioaktive Schwermetalle in hohen Mengen sind giftig für Tiere und Wasserorganismen und akkumulieren sich entlang der Nahrungskette. Außerdem bilden sich große Hohlräume im Boden, die nach der Zeit einbrechen können → Sinkholes.

Mit welchen Argumenten spielt die Regierung das Problem herunter? Welche Bevölkerungsgruppe ist hauptsächlich von den Problemen betroffen?

Es trinke KAUM jemand direkt aus den Flussläufen, es ist nur der Westrand von Johannesburg direkt betroffen, der Rest von Johannesburg hat noch 500 Tage Zeit, um sich Gedanken zu machen.

Eine kleine Siedlung, ein Slum ist hauptbetroffen → arme Menschen, die vermutlich auf das Flusswasser angewiesen sind.

Quellen:

De Bruyn, I. A. Bell, F. G. (2001) The occurrence of sinkholes and subsidence depressions in the Far West Rand and Gauteng Province, South Africa and their engineering implications. Environmental and Engineering Geoscience 7(3): 281 – 295.
McCarthy, T. S. (2011) The impact of acid mine drainage in South Africa. South African Journal of Science 107, 5/6.



Was bedeutet das „M“ bei z. B. 2M NaOH?

Das M steht für das Metall Natrium.

Wie nennt man die Art von Reaktion, bei der sich ein Niederschlag bildet?

Fällungsreaktion

Was passiert bei diesen Nachweisreaktionen? Kreuze zutreffende Aussagen an (sie müssen nicht auf alle Reaktionen zutreffen)!

- ☒ Unlösliche Salze fallen aus.
- ☒ Kationen und Anionen werden ausgetauscht.
- ☒ Die Lösung verfärbt sich.

10.2.2 Vitamin A



Vitamin A



„Vitamin A kann nur dann vom Körper genutzt werden, wenn wir es zusammen mit Fett aufnehmen“

Carotinoide bilden eine Vorstufe von Vitamin A, die im Darm zu Vitamin A umgewandelt wird. Um einem Vitamin A-Mangel vorzubeugen, kann man also Carotinoide, wie z. B. β -Carotin, das in Pflanzen enthalten ist, zu sich nehmen. Du hast einmal gehört, dass Vitamin A und seine Vorstufen nur dann gut vom Körper aufgenommen werden, wenn man ein wenig Fett dazu isst. Finde heraus, was der Grund dafür sein könnte!

Du brauchst dafür je Gemüsesorte:

- | | |
|------------------------------------|---|
| ☐ 1 Mörser | ☐ 2 Reagenzgläser 16 mm |
| ☐ 1 Pistill | + passende Gummistopfen |
| ☐ Messer | ☐ Insgesamt 1 Reagenzglasgestell |

Chemikalien:

- | | |
|--|---|
| ☐ Gemüse (Karotten, Tomaten, Paprika,...) | ☐ Wasser |
| ☐ Sand | ☐ Öl (Rapsöl, ...) |

Versuchsanleitung

- ☐ Zerschneide oder hoble die verschiedenen Gemüsesorten in möglichst kleine Stücke.
- ☐ Zerreiße sie anschließend in einem sauberen Mörser mit einem Pistill und ein bisschen Sand und Wasser.
- ☐ Gebt das zerriebene Pflanzenmaterial mit ein bisschen Wasser in zwei Eproutetten (Reagenzgläser).
- ☐ Fülle vorsichtig ca. 1 Finger breit Öl in eine Eproutette zum Pflanzenmaterial und verschließe sie mit den Gummistopfen.
- ☐ Fülle in eine zweite Eproutette nur Wasser zum Pflanzenmaterial, verschließe auch sie mit einem Gummistopfen.
- ☐ Schüttle die Eproutetten nun kräftig und stelle sie anschließend ab, bis sich die Phasen getrennt haben!

Phasentrennung
= Entmischung von nicht mischbaren Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser und Öl

Notiere hier, was du beobachten kannst oder fertige eine Skizze an!

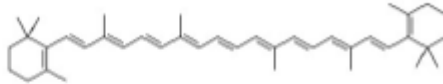
Das Carotin löst sich in der Ölphase besser, weshalb sie (stärker) orange gefärbt ist, als die wässrige Phase.

Verändert nach: http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/experimente/lebensmittel/alt_html/carotinoide_ausschuetten_L.htm



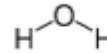
Vergleiche jeweils die Strukturformeln von β -Carotin & Wasser und β -Carotin & Fett hinsichtlich ihrer Polarität.

Welche Ähnlichkeiten und Unterschiede bemerkst du? Welche Auswirkungen könnte das auf die Löslichkeit von β -Carotin haben? Finde eine Erklärung!



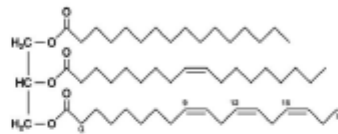
8 Strukturformel von β -Carotin

Quelle: https://dcdn.de/pictures.doccheck.com/images/841/f07/841f0702326be28e3d080176fa20ead26/20474/m_1407911901.jpg



7 Strukturformel von Wasser

Quelle: https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Wasser_Strukturformel_V1.svg



9 Strukturformel eines Fettes

Quelle: https://media.springernature.com/lw783/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-662-58839-8_6/MediaObjects/470095_1_De_6_Fig7_HTML.png

Hypothese
= Annahme, die dafür geeignet ist, wissenschaftlich überprüft zu werden

Hypothese

Da das β -Carotin und das Fett einen ähnlichen Aufbau haben und somit auch eine ähnliche Polarität, löst sich das Carotin dort besser, als im Wasser. Das Wasser ist im Gegensatz zum Carotin stark polar. _____

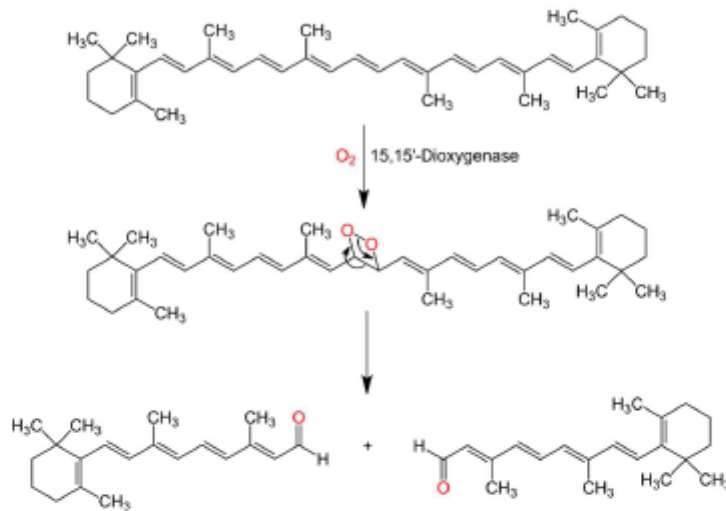
Nimm Stellung zu folgender Aussage: „Vitamin A kann nur dann vom Körper genutzt werden, wenn wir es zusammen mit Fett aufnehmen“

Recherchiere im Internet, wofür der Körper Vitamin A benötigt!



Umwandlung von β -Carotin zu Vitamin A im Körper

Mithilfe des Enzyms 15,15'-Dioxygenase wird β -Carotin unter anderem im Darm zu Retinal umgewandelt.



10 Enzymatische Umwandlung von beta-Carotin zu Retinal

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/%CE%92-Carotin-15,15%E2%80%B2-Monooxygenase#/media/Data:Retinal_Biosynthesis_V.2.svg

Wiederholung der Grundlagen

Was macht ein Enzym allgemein?

Ein Enzym ist ein biologischer Katalysator _____

Wie heißt die funktionelle Gruppe beim Retinal? Zeichne die funktionelle Gruppe auf!

Aldehydgruppe



Um welche Art von Spaltung handelt es sich?

☒ homolytische Spaltung

☐ heterolytische Spaltung

Begründe deine Antwort!

Bei der homolytischen Spaltung wird ein Molekül in zwei gleiche Moleküle gespalten _____

Um welche Art von Reaktion handelt es sich hier (Kreuze die richtige Antwort an!)?

☐ Reduktion

☐ Addition

☒ Oxidation

☐ Substitution



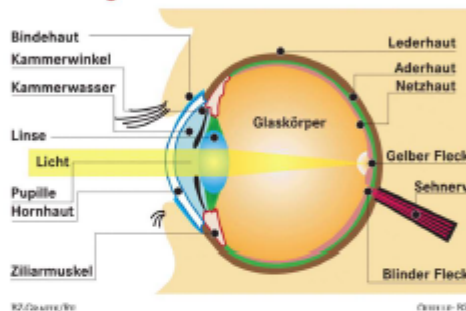
„Iss Karotten, die sind gut für die Augen!“

Wie ihr vielleicht vorher bei eurer Recherche schon mitbekommen habt, ist Vitamin A wichtig für den Sehprozess im Auge. Ihr habt auch schon gesehen, dass Karotten einiges an Carotinoiden enthalten (Daher auch der Name ;-)).

In der Netzhaut (*Retina*) befinden sich die Photorezeptoren, also die lichtempfindlichen Zellen, die Lichtreize in Signale umwandeln, welche zum Gehirn über den Sehnerv weitergeleitet werden können. Für die Umwandlung von Lichtimpulsen in einen Reiz sind die Stäbchen und Zapfen zuständig, die aus verschiedenen Sehpigmenten bestehen. Eines davon ist Rhodopsin.

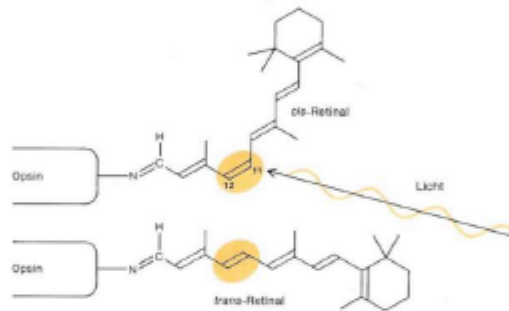
Rhodopsin besteht aus Retinal, das an das Protein Opsin gebunden ist. Es befindet sich in der Netzhaut an der Rückseite des Auges.

Das Auge Aufbau



11 Aufbau des Auges

Quelle: <https://ais.badsche-zeitung.de/piece/08/eb/48/b7/149637303-h-720.gif>



12 Reaktion des Rhodopsins auf Lichtreize.

Ausgangszustand: cis-Retinal

Quelle: https://educ.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/Unterrichtsmaterialien/chemie/Photochemie/photochemie02_retinal_loes.pdf

Schau dir die zwei Abbildungen oben an und beschreibe, was passiert, wenn Licht auf die Photorezeptoren in der Netzhaut trifft.

Die Photorezeptoren bestehen aus Rhodopsin, wobei das Retinal im Ausgangszustand in cis-Stellung ist. Trifft Licht auf das Molekül, so ändert es seine Konformation in die trans-Stellung. (Dabei wird ein elektrischer Impuls in den Sehnerv abgegeben und ans Gehirn weitergeleitet, wo es schließlich verarbeitet wird.)

Auf [gutefrage.net](https://www.gutefrage.net) hast du den folgenden Beitrag gefunden. Beantworte die Frage auf Basis deines neu erworbenen Wissens! Schreibe dafür einen kurzen Blogbeitrag (100 – 150 Wörter) und vergiss dabei nicht die Begriffe „Carotinoide“, „Vitamin A“, „Retinal“ und „Rhodopsin“.



Frage von Bessogog
vor 2 Jahren

Kann man durch Karotten essen die Sehkraft verbessern?

Ist das wahr oder nur reiner Quatsch?

👉 Ernährung, Augen, sehen, Karotten, Gesundheit und Medizin

11 Antworten

10.2.3 Kochen mit und ohne Strom



Kochen mit und ohne Strom

Lehrerinformationsblatt

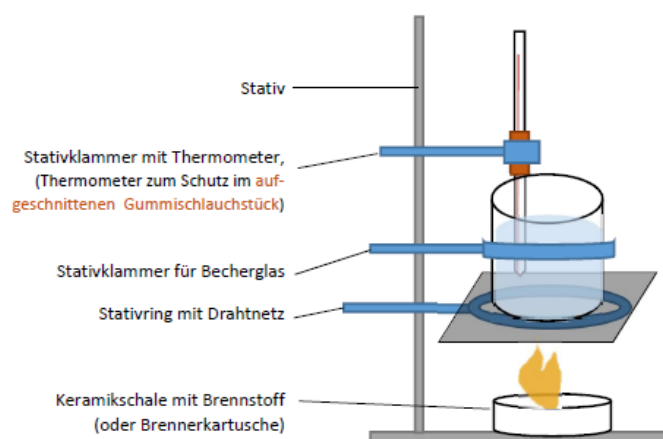
Materialien

- | | | |
|---|--|---|
| ☐ Stativ | ☐ aufgeschnittene Gummischlauchstücke | ☐ Zündhölzer |
| ☐ Stativring | ☐ 300 mL Becherglas | ☐ Glasstab |
| ☐ Drahtnetz | ☐ Feinwaage | ☐ 2 Stativklammern |
| ☐ 4 Doppelmuffen | ☐ Keramikschalen | ☐ Topf + Deckel |
| ☐ Thermometer | ☐ Korkuntersetzer | ☐ Uhrglas |

Heizarten (kreuzt eure an!)

- | | | |
|--|---|----------------------------------|
| ☐ Butangas (Grillkartusche) | ☐ Induktionskochplatte | ☐ Ethanol |
| ☐ Heizplatte | ☐ Holz | |
| | ☐ Holzpellets | |

Versuchsaufbau



Ein Leistungsmessgerät für die Messung der eingesetzten elektrischen Energie kostet zwischen 15 € und 25 €, falls es so etwas noch nicht an der Schule gibt. Da man es für den Physik- und Chemieunterricht verwenden kann, wäre eine Anschaffung vermutlich nicht so tragisch. Der Versuch mit dem Induktionskochfeld ist natürlich auch nur dann möglich, wenn man eines hat. Mobile Induktionskochplatten kosten um die 60 € und man braucht einen induktionsfähigen Topf.

Kochen mit und ohne Strom



Da Holz, Pellets, Kohle und Ethanol nicht so leicht löschar und dann abwiegar sind, wird eine definierte Menge davon verwendet. Für das Erhitzen von 100 g Wasser um ca. 30 °C sind 5 g Holz genug, weshalb bei der Brennstoffmenge 5 g ausgewählt wurden. Beim Holz ist darüber hinaus auch zu beachten, dass es zerkleinert wird, da es sonst nicht anbrennt. Anzünden mit einem Zündholz geht besser, als mit einem Feuerzeug.

Mangels verfügbaren professionelleren Utensilien, wurden die Versuche mit Haushaltsmaterialien durchgeführt. Abstand zwischen Dose und Brennquelle sind ca. 6 cm.

Da 5 g 96 %iges Ethanol bzw. Brennspritus 100 mL Wasser zum Kochen bringen, werden nur 2 g eingesetzt. Diese bewirken immer noch eine Erwärmung um ca. 55 °C. In diesem Temperaturbereich bleibt die spezifische Wärmekapazität in etwa gleich hoch (bei 20°C 4,182, bei 70 °C 4,190). Für den Vergleich ist die Annahme, dass die Wärmekapazität konstant bleibt, hinreichend genau. Bei der Ausgabe des Ethanols ist darauf zu achten, dass die Vorratsgefäße nicht in die Nähe der Flammen kommen, da es sich um einen leicht entzündlichen Stoff handelt. Ich würde daher das Vorratsgefäß am Lehrertisch belassen und die SchülerInnen sollen sich die erforderliche Menge von dort auf ihren Arbeitsplatz holen.

Der Versuch funktioniert mit Kohle nur sehr schlecht, da man eher viel und sehr lange braucht, bis sie genug Strahlungshitze entwickelt, um das Wasser zu erhitzen. Für diesen Maßstab ist Kohle also eher ungeeignet.

Die Kinder werden in 6 Gruppen aufgeteilt:

Dauer des Versuches

Je Station würde ich zwischen 5 und 10 Minuten einrechnen. Um das Wasser zum Kochen zu bringen, benötigt man so ca. 3 – 5 Minuten. Mit Vor- und Nachbereitung würde ich 2 Unterrichtseinheiten einplanen.

Nötiges Vorwissen

Umgang mit Laborgeräten

(Grundlegende Mathematik)



Berechnung des Wirkungsgrades η

Der Wirkungsgrad beschreibt, wieviel von der Energie, die in einem Stoff enthalten ist, für eine Anwendung nutzbar gemacht werden kann. Der Wirkungsgrad wird in % angegeben, ist also eine dimensionslose Größe.

Zunächst müssen wir herausfinden, wieviel Energie es theoretisch benötigt, um das Wasser zum Kochen zu bringen.

$$E_{\text{Wasser}} [\text{kJ}] = c_{\text{H}_2\text{O}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] * m_{\text{H}_2\text{O}} [\text{kg}] * \Delta T_{\text{H}_2\text{O}} [\text{K}]$$

E Energie
c Wärmekapazität,
Wärmekapazität von Wasser $\approx 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$
m Masse
 ΔT Temperaturdifferenz $T_1 - T_0$

Dann wollen wir wissen, wieviel Energie in dem zugeführten Brennstoff steckt.

$$E_{\text{Brennstoff}} [\text{kJ}] = m_{\text{Brennstoff}} [\text{kg}] * H_i \text{ Brennstoff} [\text{kWh/kg}] * 3600$$

E Energie
m Masse
 H_i Heizwert
3600 Umrechnungsfaktor zwischen kWh und kJ

Bei den Heizplatten müsst ihr die verbrauchte Leistung (in kWh angegeben) mit dem Umrechnungsfaktor * 3600 in Kilojoule umwandeln (1 kWh = 3600 kJ).

Jetzt können wir uns den **Wirkungsgrad** ausrechnen:

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = E_{\text{Wasser}} [\text{kJ}] / E_{\text{Brennstoff}} [\text{kJ}]$$

I. Literaturverzeichnis

- Albrecht u. a. (1999).** Von der Chemie 4 (für AHS). E. DORNER GmbH, Wien.
- Ambulantes Lungenzentrum Essen 2020.** Berufserkrankungen. *Online* unter: <https://www.ambulantes-lungenzentrum-essen.de/medizin/krankheitsbilder/berufserkrankungen/>. Zugriff am 11.11.2020.
- Anton, M. A. (2018).** Chemieunterricht und seine Weiterentwicklung – Die Didaktik und Mathematik des Chemieunterrichts. Universität Wien – Fakultät für Chemie.
- Baldauf, M. (2019).** Nachhaltigkeit: Vom Wandel eines Begriffs. *Online* unter: <https://dubito-magazin.de/2019/05/21/nachhaltigkeit-vom-wandel-eines-begriffs/>, Zugriff am 30.03.2021.
- Barke, H-D. Harsch, G. Kröger, S. Marohn, A. (2018).** Chemiedidaktik kompakt – Lernprozesse in Theorie und Praxis. Springer-Verlag GmbH Deutschland, Berlin.
- Bröll, C. (2011).** Tückischer Goldstaub. Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt. *Online* unter: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/minenarbeiter-in-suedafrika-tueckischer-goldstaub-11513170.html>, Zugriff am 11.11.2020
- Brown, T. J. Idoine, N. E. Wrighton, C. E. Raycraft, E. R. Hobbs, S. F. Shaw, R. A. Everett, P. Kresse, C. Deady, E. A. Bide, T. (2020).** World Mineral Production 2014 – 2018. British Geological Survey, Nottingham.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (2020).** UN-Agenda 2030: Die globalen Nachhaltigkeitsziele/SDGs im Bereich Bildung. *Online* unter: <https://www.bmbwf.gv.at/Themen/euint/ikoop/bikoop/sdgs.html>, Zugriff am 13.10.2020.
- Bundeszentrale für politische Bildung (BPB) (2017).** Armut. *Online* unter: <https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52680/armut>, Zugriff am 19.10.2020.
- Burmeister, M. Eilks, I. (2013a).** An understanding of sustainability and education for sustainable development among German student teachers and trainee teachers of chemistry. *Science Education International* 24, 2: 167 – 194.
- Burmeister, M. Eilks, I. (2013b)** Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BnE) in der Chemielehrerbildung – Ein Projekt Partizipativer Aktionsforschung. *CHEMKON* 20, 2: 66 – 72.
- Burmeister, M. Rauch, F. Eilks, I. (2012).** Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 2012, 13: 59 – 68.

- Burmeister, M. Schmidt-Jacob, S. Eilks, I. (2013).** German chemistry teacher's understanding of sustainability and education for sustainable development – An interview case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 2013, 14: 169 – 176.
- Willig, H. P. (2020).** Goldsucher. *Online* unter: <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Goldwaschen>, Zugriff am 10.11.2020.
- Credit Suisse (2019).** Global wealth report 2019. Credite Suisse Group AG, Zürich.
- Dixon, D. L. (2019).** Meereswelt im Würgegriff. *In*: F. Neukirchen (Hrsg.) Die Folgen des Klimawandels. Springer-Verlag GmbH Deutschland, Berlin.
- Die Grünen (2021).** Die grüne Chronik. *Online* unter: <https://www.gruene.at/partei/chronik/ueberblick>; Zugriff am 07.04.2021.
- Eilks, I. (2015).** Science Education and Education for Sustainable Development – Justification, Models, Practices and Perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11, 1: 149 – 158.
- Eilks, I. (2017).** Bildung für nachhaltige Entwicklung und MINT Unterricht: Modelle und Perspektiven. *Online* unter: <https://www.researchgate.net/publication/319507717>, Zugriff am 02.11.2020.
- Eurostat (2021).** Gender pay gap statistics. *Online* unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Gender_pay_gap_statistics, Zugriff am 29.04.2021.
- Fabris, V. (2019).** Extremismus, Radikalisierung, Prävention – Extremismusprävention in Österreich, Radikalisierungsprozesse bei Jugendlichen und die Arbeit der Beratungsstelle Extremismus. *In*: Schwarzenegger, C. Brunner, R. Bedrohungsmanagement. Radikalisierung und gewalttätiger Extremismus / Nationaler Aktionsplan. 63 – 86. Schulthess Verlag, Zürich.
- Fachgesellschaft für Ernährungstherapie und Prävention (2020).** Vitamin A (Retinole): Das Wichtigste in Kürze. *Online* unter: <https://fet-ev.eu/vitamin-a/>, Zugriff am 07.01.2021.
- FAO. (2011).** Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Office of Knowledge Exchange, Research and Extension – FAO, Rom.
- Fantapié Altobelli, C. (2017).** Marktforschung – Methoden, Anwendung, Praxisbeispiele. 3. Auflage. UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz und München.

- Fasbender, S. Wachten, A. (2017).** Coping with cognitive dissonance in climate protection through dilemma stories in climate education. *Journal of Health, Environment, & Education*, 9: 19 – 27.
- Fend, H. (1980).** Theorie der Schule. Urban & Schwarzenberg, München.
- Fierce, Y. de Morais Vierira, M. Piantedosi, R. Wyss, A. Blander, W. Paik, J. (2008).** *In vitro* and *in vivo* characterization of retinoid synthesis from β -carotene. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 472: 126 – 138.
- Forum Bio- und Gentechnologie e. V. (2020).** Goldener Reis mit mehr Vitamin A: Eine unendliche Geschichte – doch noch mit Happy End? *Online* unter: <https://www.transgen.de/forschung/428.goldener-reis-vitamin-augenerkrankungen.html>, Zugriff am 07.01.2021.
- FORUM Umweltbildung (2015).** Österreichischer Bericht zur UN-Dekade für Bildung für nachhaltige Entwicklung 2005 – 2014. Umweltdachverband GmbH, Wien
- Friedrich, B. Gottschlich, D. (2014).** Das Erbe der *Sylvicultura oeconomica*: eine kritische Reflexion des Nachhaltigkeitsbegriffs. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 23, 1: 23 – 29.
- Frühauf, D. Tegen, H. (2007).** Treffpunkt Chemie, 3. Auflage. E. DORNER GmbH, Wien.
- Gossauer, A. (2008).** Struktur und Reaktivität der Biomoleküle. Helvetica Chimica Acta, Zürich.
- Grandrath, R. Bohrmann-Linde, C. (2019).** Die biologische Brennstoffzelle im Chemieunterricht – Einfache Experimente mit kostengünstigen Materialien. *Chemkon* 26, 5: 196 – 202.
- Gritsch, S. (2012).** Die Likert-Skala – Meinungen abbilden. *Ergopaxis*, 1, 5: 16 – 17.
- Grober, U. (2010).** Die Entdeckung der Nachhaltigkeit: Kulturgeschichte eines Begriffs. Antje Kunstmann Verlag, München.
- Groß, K. (2013).** Experimente alternativ dokumentieren: eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung. Logos Verlag Berlin GmbH, Berlin.
- Groß, K. (2017).** Individuelle Förderung im Chemieunterricht. In: Reiners, C. S. (Hrsg.) Chemie vermitteln – Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen. 148 – 167. Springer Verlag Berlin, Heidelberg.
- Groß, K. (2019).** Breaking Bad® im Chemieunterricht – Problemorientierung in der Sekundarstufe II am Beispiel der Elektrochemie. *Chemie & Schule* 34 (3): 5 – 10.

- Gruber-Kalteis, G. Obermüller, M. Straub, G. Reitingner, J. (2016).** Impuls Chemie. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien
- Haag, P. (2020).** Gelöste Metalle in drei Flüssen bei Krugersdorp in Südafrika. Bachelorarbeit. Fakultät für Chemie, Universität Wien.
- Habig, S. van Vorst, H. Sumfleth, E. (2016).** Optimierung des Kontexteinsatzes im Chemieunterricht. In: Maurer, C. (Hrsg.) Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Universität Regensburg, Regensburg.
- Heinrich, M. (2005).** Bildung für nachhaltige Entwicklung im österreichischen Schulsystem – eine explorative Vorstudie zu Zukunftsbildern von Schülerinnen und Schülern. BMBWK, Linz.
- Hielscher, M. (2001).** Grundwasserschutz im Karst. Institut für Geologie der TU Bergakademie Freiberg, Freiberg.
- Hildebrandt, A. (2020).** Klimawandel in der Wirtschaft – Warum wir ein Bewusstsein für Dringlichkeit brauchen. Springer-Verlag GmbH Deutschland, Berlin.
- Hoffmann, T. Menthe, J. (2015).** Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In: Musenberg, O. Riegert, J. (Hrsg.) Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart.
- Holstermann, N. Bögeholz, S. (2007).** Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 13: 71 – 86.
- Honer, H. Zapf, S. (2008).** Goldbergbau – Verfahren zur Goldgewinnung und Auswirkungen auf die Umwelt. Arbeitskreis Wasser im Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e. V., Freiburg.
- Jirsa, F. (2019).** Praktikumsunterlagen zu den Umweltchemischen Übungen, WS 2019/20. Institut für anorganische Chemie der Universität Wien, Wien.
- Juntunen, M. K. Aksela, M. K. (2014).** Education for sustainable development in chemistry – challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, 2014, 15: 488 – 500.
- Kaufmann, E. Zöchling, A. Grois, G. Mašin, C. (2020).** Chemie verstehen 4. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien.
- Kechajas, T. Voitic, E. (2018).** MEHRfach Chemie – Wissen und Verstehen, 3. Auflage. VERITAS Verlags- und Handelsges.m.b.H. & Co. OG, Linz.
- Keller, U. Köhler, T. (2016).** Vergleich der Anwendbarkeit von PBL in verschiedenen MINT-Fächern. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 11/3: 153 – 172.

- Keppeler, B. Pütz, M. Reiners, Ch. S. Streit, T. (2014).** Nachhaltigkeit nachhaltig lernen. *PdN Chemie in der Schule*, Heft 2, 63: 38 – 42.
- Kerber, G. (2018).** Klimawandel hautnah. Wenn das Meer kommt – Wie Inselbewohner mit den Veränderungen umgehen. Springer-Verlag GmbH, Berlin.
- Kessler, D. Strohmeier, D. (2009).** Gewaltprävention an Schulen – Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen, 2. veränderte Auflage. Österreichisches Zentrum für Persönlichkeitsbildung und soziales Lernen in Zusammenarbeit mit der Uni Wien, Wien.
- Klima ohne Grenzen gGmbH (2020).** Earth Overshoot Day 2020 – Ressourcen für dieses Jahr am 22. August aufgebraucht. *Online* unter: <https://klimaohne Grenzen.de/artikel/2020/06/08/earth-overshoot-day-2020-ressourcen-fuer-dieses-jahr-am-22-august-aufgebraucht>, Zugriff am 27.10.2020.
- Krachler, R. (2020).** Vorlesungsunterlagen Umweltchemie. Environmental Chemistry Universität Wien, Wien.
- Lembens, A. Bartosch, I. (2012).** Genderforschung in der Chemie- und Physikdidaktik. *In:* Kampshoff, M. Wiepke, C. (Hrsg.) Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik. 83 – 97. Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Magyar, R. Liebhart, W. Jelinek, G. (2011).** Elemente – 1. Auflage. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co KG, Wien.
- Magyar, R. Liebhart, W. Jelinek, G. (2011).** Moleküle – 1. Auflage. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co KG, Wien.
- Magyar, R. Liebhart, W. Jelinek, G. Faber, W. (2014).** Stoffe – 1. Auflage. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co KG, Wien.
- Matthes, W. (2011).** Methoden für den Unterricht: kompakte ?Übersichten für Lehrende und Lernende. Schöningh, Paderborn.
- Mesch, K. (2011).** Klimawandel und die Frage der Gerechtigkeit. Diplomica Verlag GmbH, Hamburg.
- Neufingerl, F. (2006).** Chemie 1 – Allgemeine und anorganische Chemie. Verlag Jugend & Volk GmbH, Wien.
- Neufingerl, F. (2007).** Chemie 2 - Organische Chemie. Verlag Jugend & Volk GmbH, Wien.
- Österreichisches Dekadenbüro Bildung für nachhaltige Entwicklung. (2008).** Österreichische Strategie zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. Wien.

- Parchmann, I. (2010).** Chemie im Kontext – a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28 (09): 1041 – 1062.
- Przyborski, A. Wohlrab-Sahr, M. (2014).** Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.
- Rauch, F. (2005).** Die Vielfalt der Konzepte: Von der Umwelterziehung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Heinrich, M (Hrsg.) Bildung für nachhaltige Entwicklung im Österreichischen Schulsystem – eine explorative Vorstudie zu Zukunftsbildern von Schülerinnen und Schülern. BMBWK, Linz.
- Rechtsinformationssystem des Bundes (RIS). (2020).** Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 03.11.2020. Online unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, Zugriff am 03.11.2020.
- Rösch, S. (2015).** Urbanisierung – Demographische Entwicklungen und Auswirkungen im globalen Vergleich. Landesbank Baden-Württemberg, Baden-Württemberg.
- Rost, J. (2002).** Umweltbildung – Bildung für nachhaltige Entwicklung. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 25. Jg., Heft 1: 7 – 11.
- Scherenberg, V. (2011).** Nachhaltigkeit in der Gesundheitsvorsorge. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.
- Schmidt-Sichermann, W. (2020).** Die Entwicklung der Pädagogik seit Beginn der siebziger Jahre. Online unter: <http://www.in4mation.de/content/70er.php#literatur>.
- SEMINA (2020).** Mission. Online unter: <https://www.semina-energy.com/mission/>, Zugriff am 19.10.2020.
- Spiegel (2015).** Raubbau in Südamerika - Goldminen sind das neue Kokain. Online unter: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/illegale-goldminen-in-suedamerika-frueher-kokain-jetzt-gold-a-1068596.html>, Zugriff am 10.11.2020
- Sadler, T. D. Romine, W. L. Topçu, M. S. (2016).** Learning science content through socio-scientific issues based instruction: a multi-level assessment study. *International Journal of Science Education*, 39/10: 1622 – 1635.
- Stuckey, M. Marks, R. Mamlok-Naaman, R. Hofstein, A. Eilks, I. (2012)** Chemieunterricht, Allgemeinbildung und Gesellschaft – Blicke über den Gartenzaun. *PdN Chemie in der Schule* Heft 8: 10 – 15.

- Tebbich, H. Kandler, P. Halbartschlager, F. Liebentritt, S. Krämer, G. Lesemann, M. (2016).** 17 Ziele für eine bessere Welt – eine Broschüre zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen. Welthaus Bielefeld e. V. in Kooperation mit anderen NGOs, Bielefeld.
- Tourismusverband Rauris (2020).** Echtes Goldwaschen mit Geschichte. *Online* unter: <https://www.raurisertal.at/de/sommer/raurisertal/tal-des-goldes/>, Zugriff am 11.11.2020.
- Tremmel, J. (2004).** „Nachhaltigkeit“ – definiert nach einem kriteriengebundenen Verfahren. *GAIA GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society* 13, 1: 26 - 34
- Umweltbundesamt (2016)** Minimata-Abkommen Österreich – Zusammenfassung. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2020)** Die Treibhausgase. *Online* unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>, Zugriff am 19.01.2021.
- UNESCO (2020)** Global Education Monitoring Report 2020. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation, Paris.
- UNICEF (2007)** Vitamin A Supplementation: A decade of progress. The United Nations Children's Fund, New York.
- United Nations (2019)** Ziele für nachhaltige Entwicklung – Bericht 2019. United Nations Publications, New York.
- Vereinte Nationen (2015)** Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015: Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. *Online* unter: <https://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>, Zugriff am 13.10.2020.
- Welthungerhilfe (2020)** Welthunger-Index, stand 14.10.2020. *Online* unter: <https://www.welthungerhilfe.de/hunger/welthunger-index/>, Zugriff am 19.10.2020.
- Wermuth, D. (2012)** Weltwirtschaft expandiert weiter auf Kosten der Umwelt. *Online* unter: https://blog.zeit.de/herdentrieb/2012/11/02/weltwirtschaft-expandiert-weiter-auf-kosten-der-umwelt_5353, Zugriff am 21.10.2020
- Wild, F. (2016).** Sprachsensibler Chemieunterricht mit besonderem Fokus auf das Experimentieren. Diplomarbeit. Institut für Chemie, Universität Graz.

Wohlmuth, M. (2015) Chemie begreifen. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien

Ye, X. Al-Babili, S. Klöti, A. Zhang, J. Lucca, P. Beyer, P. Potrykus, I. (2000)
Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science* 287, 5451: 303 – 305.

II. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Drei-S%C3%A4ulen-Modell_(Nachhaltigkeit)#/media/Datei:Nachhaltigkeit_-_Drei-S%C3%A4ulen-Modell_und_Vorrangmodell.svg , Zugriff am 13.10.2020.....	3
Abb. 2	Die analytische Definition der Nachhaltigkeit nach Tremmel (2004).....	4
Abb. 3	Entwicklung der Umweltbildung seit den 1960er Jahren	7
Abb. 4	17 Sustainable Development Goals der Agenda 2030, formuliert von den Vereinten Nationen (UN, 2015).....	8
Abb. 5	Anzahl der Personen weltweit, die unter extremer Armut leiden - Verlauf von 1990 bis 2012. (© 2016 The World Bank Group) Quelle: The World Bank: World Development Indicators 04/2016, <i>Online</i> unter: https://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52680/armut?zahlenfakten=detail , Zugriff am 19.10.2020.....	9
Abb. 6	Welthunger-Index 2020 (© Welthungerhilfe, 2020).....	10
Abb. 7	Landkarte Welthunger-Index 2020 (© Welthungerhilfe, 2020).....	11
Abb. 8	Weltweite Anzahl der Schulpflichtigen Kinder, die keine Schule Besuchen (UN, 2019)	13
Abb. 9	Anteil der Weltbevölkerung ohne Lese.- und Schreibkenntnisse (ab 15 Jahren, Stand 2016, in %) (UN, 2019).....	13
Abb. 10	Globale Trinkwasser- und Sanitärversorgung und Hygieneanlagen - Vergleich zwischen den Jahren 2000 und 2017 in % (UN, 2019).....	17
Abb. 11	Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu sauberen Brennstoffen und Technologien zum Kochen in % (Stand 2017) (UN, 2019)	18
Abb. 12	Entwicklung des Energieverbrauchs, der CO ₂ -Emissionen und des realen BIP weltweit, Quelle: US Energy Information Administration, IWF.....	20
Abb. 13	Verteilung der weltweiten Bevölkerung nach Vermögensklassen im Jahr 2019, verändert nach Statista 2020. <i>Online</i> unter: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167348/umfrage/verteilung-der-weltweiten-bevoelkerung-nach-vermoegensstand/ , Zugriff am 21.10.2020.....	21
Abb. 14	World wealth map aus dem global wealth report 2019 der Credit Suisse.22	
Abb. 15	Entwicklung und Prognose des Urbanisierungsgrades seit 1950 in % (Rösch, 2015).	23

Abb. 16	Anteil der Stadt- und Landbevölkerung an der Gesamtbevölkerung weltweit in % (UN, 2019)	23
Abb. 17	StadtbewohnerInnen, die 2018 in Slums oder informellen Siedlungen lebten (in Mio.). (UN, 2019)	23
Abb. 18	Material-Fußabdruck pro Kopf (UN, 2019).....	24
Abb. 19	Daten zum Klimawandel (UN, 2019).....	25
Abb. 20	Wassersauberkeit in Küstenregionen weltweit (UN, 2019)	27
Abb. 21	Anteil der verödeten Landflächen von 2000 bis 2015 (in Prozent) lt. UN, 2019.....	28
Abb. 22	Die Elemente einer kontext-basierten, sozio-konstruktivistischen Pädagogik für Bildung für nachhaltige Entwicklung im Chemieunterricht, nach Juntunen & Aksela, 2014.....	46
Abb. 23	Übersicht über die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	53
Abb. 24	Übersicht über TeilnehmerInnen.....	54
Abb. 25	Altersverteilung der Lehrpersonen.....	54
Abb. 26	Frage 11 - Beispiel für eine Auskunftskontrollfrage	58
Abb. 27	Darstellung der erhobenen Daten bei SosciSurvey	60
Abb. 28	Auswertung der Daten über Excel - Übersetzung der Abkürzungen von SosciSurvey in die Fragen und Antworten des Fragebogens	60
Abb. 29	Ermittlung der Anzahl an Personen, die "Ja, ich setze diese Konzepte in meinem Chemieunterricht um" angeklickt haben, mithilfe der Formel „=SUMMEWENN“	61
Abb. 30	Definition des Nachhaltigkeitsbegriffes. Vergleich der Angaben zwischen Lehrpersonen und Lehramtsstudierenden	63
Abb. 31	Kenntnis der Begriffe Sustainable Development Goals und Bildung für nachhaltige Entwicklung im Vergleich zwischen Lehrpersonen und Lehramtsstudierenden	64
Abb. 32	Auskunftskontrollfrage zur Kenntnis der SDGs. Diese Frage dient zur Überprüfung der vorher gemachten Angaben. Sie kann also nur beantwortet werden, wenn vorher angegeben worden ist, dass die SDGs bekannt sind.	65
Abb. 33	Auskunftskontrollfrage zur Kenntnis des Begriffes BnE	66
Abb. 34	Wird BnE im Schulunterricht bereits umgesetzt? Antworten der Lehrpersonen.....	67

Abb. 35	Auskunftskontrollfrage zur Kenntnis der Themenfelder von Bildung für nachhaltige Entwicklung	68
Abb. 36	Auswahl an SDGs, die man gut im Chemieunterricht umsetzen kann	68
Abb. 37	Themen im Lehrplan der Unterstufe	70
Abb. 38	Themen im Lehrplan der Oberstufe	71
Abb. 39	Vergleich der Methoden/Sozialformen, mit denen die Befragten BnE im Unterricht integrieren	72
Abb. 40	Auskunftskontrollfrage bzgl. der Kenntnis der SDGs für jene, die erst im Nachhinein angegeben haben, dass sie BnE im Unterricht (zumindest ansatzweise) umsetzen	74
Abb. 41	Auskunftskontrollfrage bzgl. der Kenntnis der BnE für jene, die erst im Nachhinein angegeben haben, dass sie BnE im Unterricht (zumindest ansatzweise) umsetzen	74
Abb. 42	Themengebiete der SDGs, die man in den Chemieunterricht integrieren könnte	75
Abb. 43	Gründe für die Nichtumsetzung von BnE aufgeteilt nach der Schulform, da es in verschiedenen Schulformen verschiedene Ausgangsbedingungen geben könnte	76
Abb. 44	Erleichterungsmöglichkeiten für die Umsetzung der BnE im Chemieunterricht	78
Abb. 45	Schwerpunkte, die die Befragten in ihrem Chemieunterricht setzen (würden), 4-Stufige Likert-Skala	79
Abb. 46	Was sollen SchülerInnen sich aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen?	80
Abb. 47	Vergleich der Methoden/Sozialformen, mit denen die Befragten BnE im Unterricht integrieren würden	82
Abb. 48	Auswahl an SDGs, die man im Chemieunterricht umsetzen könnte	83
Abb. 49	Probleme bei der Umsetzung von BnE im Chemieunterricht (Erhebung nur bei jenen, die BnE tatsächlich schon umsetzen)	83
Abb. 50	Vorteile durch die Umsetzung von BnE im Chemieunterricht	84
Abb. 51	Übersicht über mögliche Umsetzungsmethoden von BnE	88
Abb. 52	Sprachsensible Versuchsanleitung zur Löslichkeit von Carotinoiden	89
Abb. 53	Sprachsensible Visualisierung des Versuchsaufbaues für die Messung des Wirkungsgrades	90

Abb. 54	Beispiel für eine Protokollvorlage aus dem Versuch zur Analyse von Schwermetallen in wässrigen Lösungen.....	91
Abb. 55	Übersicht zum weltweiten Vitamin A-Mangel bei Kindern. Quelle: Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Population at Risk 1995 - 2005: WHO Global Database on Vitamin A Deficiency. <i>Online</i> unter: https://www.transgen.de/forschung/428.goldener-reis-vitamin-augenerkrankungen.html , Zugriff am 07.01.2020.	114
Abb. 56	Retinal-Biosynthese nach Gossauer, A. (2008).....	115
Abb. 57	Methoden zur Umsetzung von BnE im Chemieunterricht	130

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Interessensschwerpunkte von Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften (Holstermann & Bögeholz, 2007).....	15
Tabelle 2	Kategorisierung der Sustainable Development Goals	31
Tabelle 3	Themen, die in verschiedenen Chemielehrbüchern der Unterstufe behandelt werden	39
Tabelle 4	Vergleich von Schulbüchern der Unterstufe nach der Einbindung von SDGs, Kompetenzorientierung, sprachlicher Sensibilität und ob forschendes Lernen durch das Schulbuch unterstützt wird	40
Tabelle 5	Themen, die in verschiedenen Chemielehrbüchern der Oberstufe behandelt werden	41
Tabelle 6	Vergleich von Schulbüchern der Oberstufe nach der Einbindung von SDGs, Kompetenzorientierung, sprachlicher Sensibilität und ob forschendes Lernen durch das Schulbuch unterstützt wird	42
Tabelle 7	SDGs, die man im Chemieunterricht am besten umsetzen kann.....	69
Tabelle 8	Anmerkungen von Studierenden (S) und Lehrenden (L) zur Frage der Schwerpunkte im Chemieunterricht Die Zahlen stellen die Anzahl der Nennungen durch die jeweiligen Personengruppen dar.	80
Tabelle 9	Weitere Anmerkungen zur Frage, was sich SchülerInnen aus dem Chemieunterricht fürs Leben mitnehmen sollten von Studierenden (S) und Lehrenden (L). Die Zahlen stellen die Anzahl der Nennungen durch die jeweiligen Personengruppen dar.	81

IV. Erklärung der Selbständigkeit

„Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Biberbach, am 27.05.2021

Bettina Feisenbacher