



Grüne Chemie im Chemieunterricht der SII und SI

Dr. Michael Linkwitz, StD.

Otto-Hahn-Gymnasium Bergisch Gladbach (NRW)

3. BNE-Fachtag: Herausforderung Zukunft!

Halberstadt, 12./13.11.2024



GES Start

Über Uns

Unsere Komponenten

Unsere Handlungsfelder

Service

Suchbegriff



GES

GLOBALE ENTWICKLUNG IN DER SCHULE

Unsere Komponenten

Orientierungsrahmen

Orientierungsrahmen Globale Entwicklung

Der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung ist eine von der KMK verabschiedete Empfehlung, um BNE mit globaler Perspektive fest in Schule und Unterricht zu verankern.

Unsere Welt steht sowohl vor großen globalen Herausforderungen wie Umweltzerstörungen, globaler Ungleichheit, sozio-kulturellen Konflikten als auch vor Entwicklungschancen. Das Wissen darüber löst nicht automatisch produktive Lernprozesse aus oder führt automatisch zu politischen Kurskorrekturen und persönlichen Verhaltensänderungen. Hierfür ist Bildung die entscheidende Voraussetzung.



Mediathek





Inhalt



Theoretische Hintergründe zur Grünen Chemie (BNE)



Grüne Chemie (GC) im Chemieunterricht?



Konzeption von Unterrichtsreihen zur grünen
Chemie in der SII (und SI)



Schulversuche zur GC



Reflektion & Evaluation



Fazit und Ausblick

Notwendigkeit zur Umsetzung von BNE auch in der Schule???

Agenda 2030 (UN), Nachhaltigkeitsentwicklungsziel 4.7:

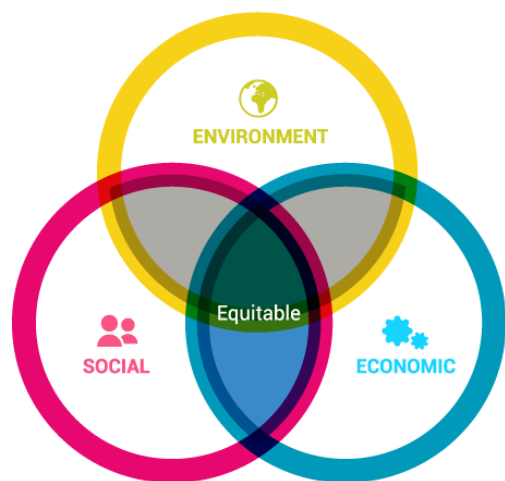
„Bis 2030 ist sicherzustellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen **zur Förderung nachhaltiger Entwicklung** erwerben, unter anderem durch **Bildung für nachhaltige Entwicklung** und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung.“ (UN 2015)



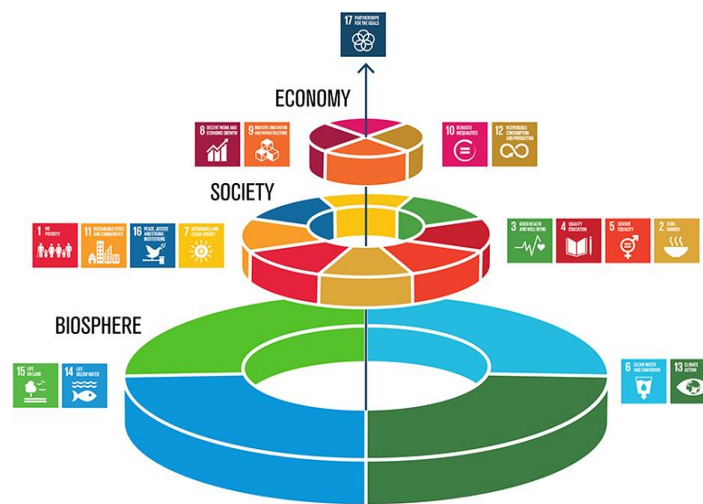
Entnommen aus den 17 Entwicklungszielen der Agenda 2030

Theoretische Hintergründe – Nachhaltigkeit

- Nachhaltige Entwicklung und Drei-Säulen-Konzept
- Aktueller:** Das Hochzeitstortenmodell



<http://www.in-culture.eu/en/sustainability>



<https://tidningensy.se/2020/25-mars/kasta-inte-ut-civilsamhallet-ur-de-globala-malen/>

Wie binde ich BNE konkret in den Chemieunterricht ein???



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Nachhaltigkeit und Chemie

Nachhaltigkeit und Chemie gelten oft als Widerspruch

Symbolbild Chemie von Greenpeace:



„Chemie“ ist in der öffentlichen Debatte negativ besetzt.

„Chemie“ wird für Umweltschäden verantwortlich gemacht.

„Das ist nicht gut, da ist Chemie drin!“



„Bio“ ist in gleichem Maße unkritisch positiv besetzt.



Nachhaltige Chemie (engl. Sustainable Chemistry):

Die nachhaltige Chemie stellt ein übergreifendes Konzept dar, **das den gesamten Lebenszyklus von Chemikalien, Chemieprodukten und Dienstleistungen im Blick hat** (Produktdesign, Herstellung, Ressourcenverbrauch, Nutzung, Recycling und Entsorgung), **soziale Aspekte** wie Gesundheit und Arbeitssicherheit, **wirtschaftlichen Erfolg** wie auch wissenschaftliche Forschung und technische Innovation.

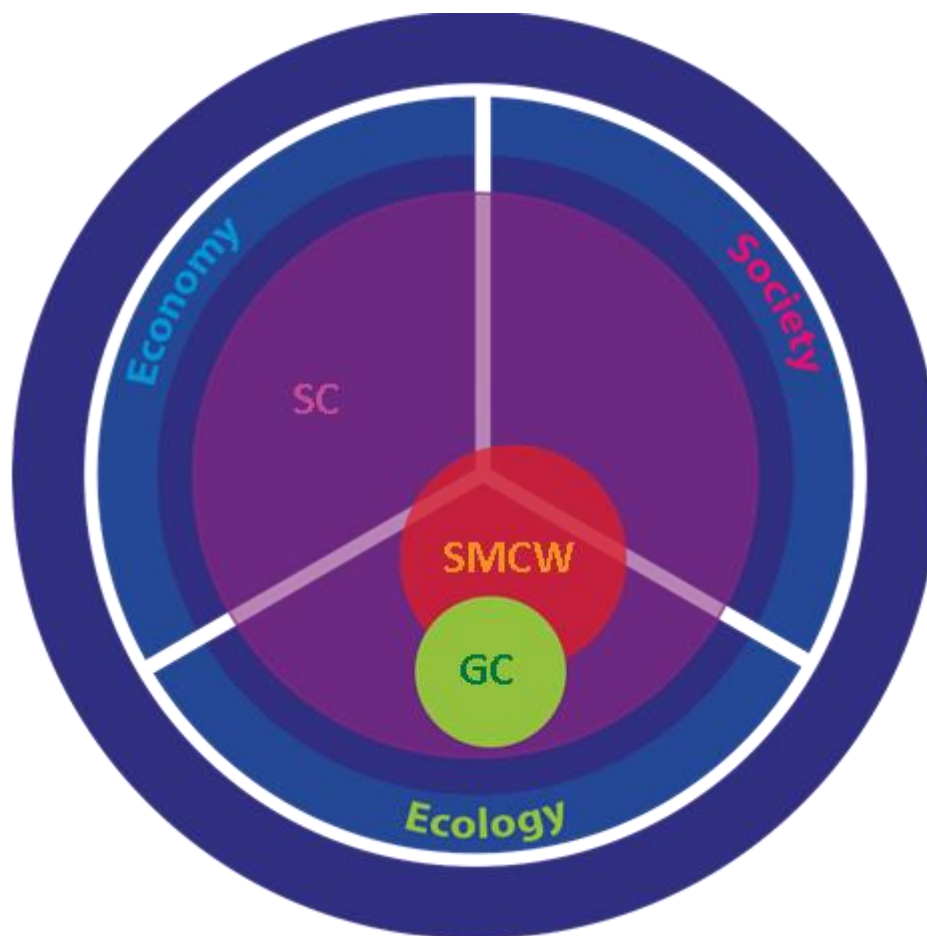
Grüne Chemie (eng. Green Chemistry):

Die grüne Chemie ist ein Forschungszweig, der sich speziell der Erschließung Abfall vermeidender, Material und Energie sparender, kostengünstiger industrieller Prozesse und Produkte widmet.

(Anastas & Warner, 1998; OECD, 1998)



Theoretische Hintergründe – Nachhaltigkeit und grüne Chemie



(Umweltbundesamt, pers. Mitteilung)



Die 12 Prinzipien der grünen Chemie

- 1. Abfallvermeidung**
2. Atomökonomie
- 3. Ungefährliche Synthesen**
4. Entwicklung sicherer Chemikalien
5. Sichere Lösungsmittel
- 6. Effiziente Energienutzung**
- 7. Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen**
8. Minimierung von Nebenprodukten.
- 9. Katalyse**
- 10. Biologische Abbaubarkeit**
11. Echtzeitanalysen zur Reduktion von Schadstoffemissionen
12. Von Natur aus sichere Chemie zur Unfallvermeidung

Warum grüne Chemie im Chemieunterricht?

Der Staat schützt auch in
Verantwortung für die künftigen
Generationen die natürlichen
Lebensgrundlagen und die Tiere...

(Grundgesetz 20a)

Bis 2030 sicherstellen, dass alle
Lernenden die notwendigen Kenntnisse
und Qualifikationen zur **Förderung
nachhaltiger Entwicklung** erwerben,
unter anderem durch Bildung für
nachhaltige Entwicklung...

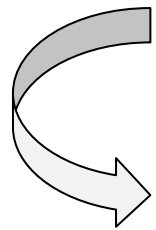
(UN, Agenda 2030, SDG 4.7)

Die SuS beurteilen und bewerten
Auswirkungen chemischer Produkte,
Methoden, Verfahren und Erkenntnisse
sowie des eigenen Handelns im Sinne
einer **nachhaltigen Entwicklung** aus
ökologischer, ökonomischer und
sozialer Perspektive.

(Bildungsstandards Chemie, KMK, 2020)



Warum grüne Chemie im Chemieunterricht?



Eines der wesentlichen Ziele des Chemieunterrichts ist die Bildung für *Nachhaltige Entwicklung* im Sinne eines nachhaltigen Handelns. Dabei sollen die SuS ...

- ... negative Einstellungen zur Chemie kritisch reflektieren...
- ... wirtschaftliche und ökologische Folgen bedeutender technischer Synthesen und Stoffkreisläufe unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit bewerten...
- ... die Einsicht gewinnen, dass die Erkenntnisse der Chemie den technischen Fortschritt maßgeblich beeinflussen und mitbestimmen können.

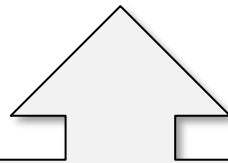
Aber:

Der Bezug im KC ist zu klein.



Grüne Chemie im Chemieunterricht der SII? Status Quo

- In Lehrplänen gefordert - keine konkreten Konzepte und Unterrichtsmaterialien
- Erst im Hochschulbereich Praktika und Seminare zu GC
- Im Ausland findet man spezifische Module und Experimente zu GC



Eine konsistente, systematische und leitlinienorientierte Gesamtkonzeption zur grünen Chemie, die alle 12 Prinzipien in den Blick nimmt, existiert nur in Ansätzen.

(Technische Informationsbibliothek, 2021; Duangpummet, Chaiyen & Chenprakhon, 2019; Andraos & Dicks, 2012; Aubrecht et. al., 2019)



Grüne Chemie im Chemieunterricht der SII?

Was sagen die aktuellen KLPe?

Bewertungskompetenz:

... beurteilen und bewerten Auswirkungen des eigenen Handelns im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer und ökonomischer Perspektive.

... Chancen und Risiken ausgewählter Technologien, wirtschaftliche Aspekte und Stoffkreisläufe im Sinne der Nachhaltigkeit sowie der Klimabeeinflussung beurteilen und bewerten (Lehrplan Sachsen-Anhalt).

... Im Sinne der 17 Weltnachhaltigkeitsziele werden im Chemieunterricht fachspezifische Schwerpunkte gesetzt, um die SuS zu einer kompetenten Teilhabe an gesellschaftsrelevanten Themen zu befähigen. In der Auseinandersetzung mit chemischen Sachverhalten (z. B. ökologischer Fußabdruck, Treibhauseffekt, Energiegewinnung) entwickeln sie ein Verständnis für die komplexen Zusammenhänge bezüglich kurz- und langfristiger sowie lokaler und globaler Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen und leiten eigene Handlungsoptionen ab.

Der Begriff Grüne Chemie als Grundlage von Nachhaltigkeit in der Chemie taucht nicht auf.



Grüne Chemie im Chemieunterricht der SII?

Was sagen die aktuellen KLPe?

Mögliche Anknüpfungspunkte in der SII:

Offiziell: Treibhauseffekt, alternative Energiequellen

- Organische Stoffklassen und Reaktionswege in der OC
- Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht
- E-Chemie
- Moderne Werkstoffe
- ...



Grüne Chemie im Chemieunterricht der SI?

Was sagt die aktuellen KLPe?

„Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Bedeutung der Wissenschaft Chemie, der chemischen Industrie und der chemierelevanten Berufe für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Gleichzeitig werden sie für eine **nachhaltige** Nutzung von Ressourcen sensibilisiert.“

Der Begriff Grüne Chemie als Grundlage von Nachhaltigkeit in der Chemie taucht nicht auf.

→ **Widerspruch zwischen Anspruch und Vorgaben**

Mögliche Anknüpfungspunkte:

- Stoffeigenschaften (Stofftrennung und Recycling): Einführung ausgewählter Prinzipien in Klasse 7
- Metalle und Metallgewinnung (z. B. Seltene Erden)
- Chemische Reaktionen (Energie und Katalysatoren)
- E-Chemie (E-Mobilität, Akkus, Kritische Rohstoffe)
- Ionen und Salze (und deren Verwendung: Landwirtschaft)
- Organische Stoffklassen: Fossile vs. Nachwachsende Rohstoffe, Treibstoffe, Werkstoffe, Kosmetika, Tenside, Textilien, etc.
- ...



Unterrichtskonzeption – Zielsetzung und Schwerpunkte

- ***Alle 12 Prinzipien von GC thematisieren***
- Vorgaben der KLP erfüllen
- Gesellschaftskritisch-problemorientierter Unterricht
- Förderung der Bewertungs- und Kommunikationskompetenz (z. B. durch LCA)
- Schulversuche zur Biokatalyse, Sono- und Mikrowellenchemie
- Materialien zu aktuellen grünen Verfahren und Prozessen in der Synthesechemie
- Aktuelle großtechnische Verfahren, Prozesse und Synthesen unter dem Aspekt grüner Chemie

GC und Biokunststoffe



<https://2b1stconsulting.com/coca-cola-ford-heinz-nike-and-procter-gamble-join-forces-in-pet-technology/>



<https://www.schrauben-schneider.eu/>



<https://www.ideal-shop.com/edding-21-ecoline-permanentmarker-1-5-3mm>



<http://www.notopia.net/blog/3063/danone-irrefuehrende-werbung>



<http://www.la-coppa.com>



<http://www.pritt.de>

PLA

GC und Kosmetika

KOSMETIKESTER

Nachhaltigkeit, die unter die **Haut** geht

DR. OLIVER THUM

Als weltweit einziges Unternehmen bietet Evonik Industries biotechnologisch hergestellte Emollient-Ester für die Kosmetikindustrie an. Im Vergleich zum chemischen Produktionsverfahren überzeugt die biotechnische Variante durch außergewöhnlich gute Selektivität, milde Reaktionsbedingungen und hohe Produktreinheit. Und sie ist nachhaltig: In einer Ökobilanzstudie haben Forscher von Evonik die Vorteile der Biokatalyse am Beispiel der Herstellung von Myristylmyristat erstmals quantitativ erfasst und bewertet.

A close-up photograph of a woman with blonde hair and blue eyes, looking directly at the camera. She is applying a white cream to her right cheek with her index finger. The background is a plain, light grey.

Quelle: Evoniks, Elements25



Entwicklung von Unterrichtsreihen zur GC nach Partizipativer Aktionsforschung (PAR)

Schuljahr	Kurse/ Jgst.	Prätest [n]	Posttest [n]	Zielsetzung
2016-2017 (Erster Zyklus)	EF (2)	326, davon 41 OHG (Herbst 2016)	19 (Frühjahr 2017)	Optimierung des Unterrichts- konzepts, Fragebögen
2017-2019 (Zweiter und dritter Zyklus)	EF (2)	Keine	Keine	Entwicklung von Schul- versuchen zur GC, Optimierung der Materialien
2019-2020 (Vierter Zyklus)	EF (2)	34 (Herbst 2019)	18 (Frühjahr 2021)	Finalisierung des Unterrichts- konzepts, Fragebögen
2020-2022	8 & 9 (4)	10 & 16	10	Entwicklung von Modulen zur GC – „Cosmetics go green“
Seit 2023	Wahl- pflicht			Entwicklung von Modulen zur GC - Textilien

Unterrichtsreihe „Einführung in die Grüne Chemie – Von der Zuckerrübe zu PLA und biologisch abbaubaren Werkstoffen“ in SII (EF oder Q-Phase)

- Modularer Aufbau
- 7 Module (jeweils ca. 3-6 Schulstunden)
- Organische Chemie SII
- Insgesamt ca. 28 Schulstunden



Linkwitz, M. & Eilks, I. (2021). Einführung in die Grüne Chemie - Von der Zuckerrübe bis zu biologisch abbaubaren Werkstoffen. RAABits Chemie SII, II.C.46

Innovationen

Nachwachsende Rohstoffe

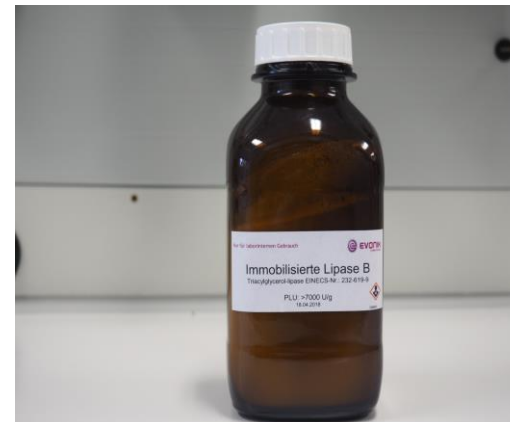


<https://www.natureworksllc.com/What-is-Ingeo/How-Ingeo-is-Made>

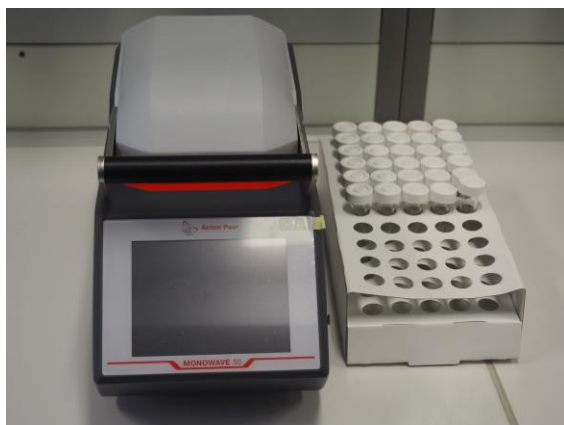
„Grüne Produkte“ und BAK



Biokatalyse



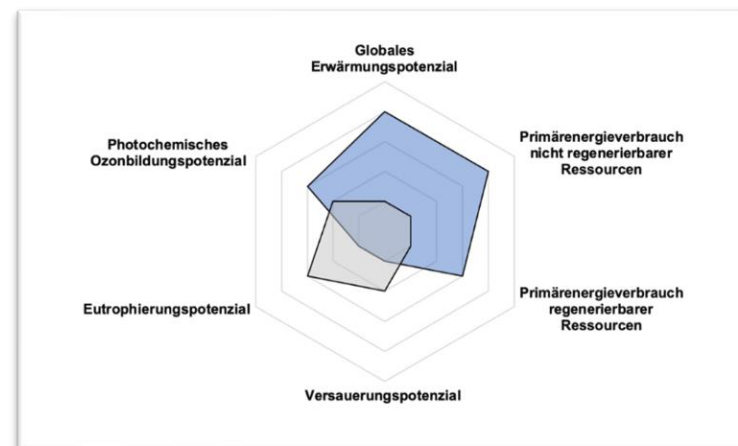
Mikrowellentechnik



Sonochemie



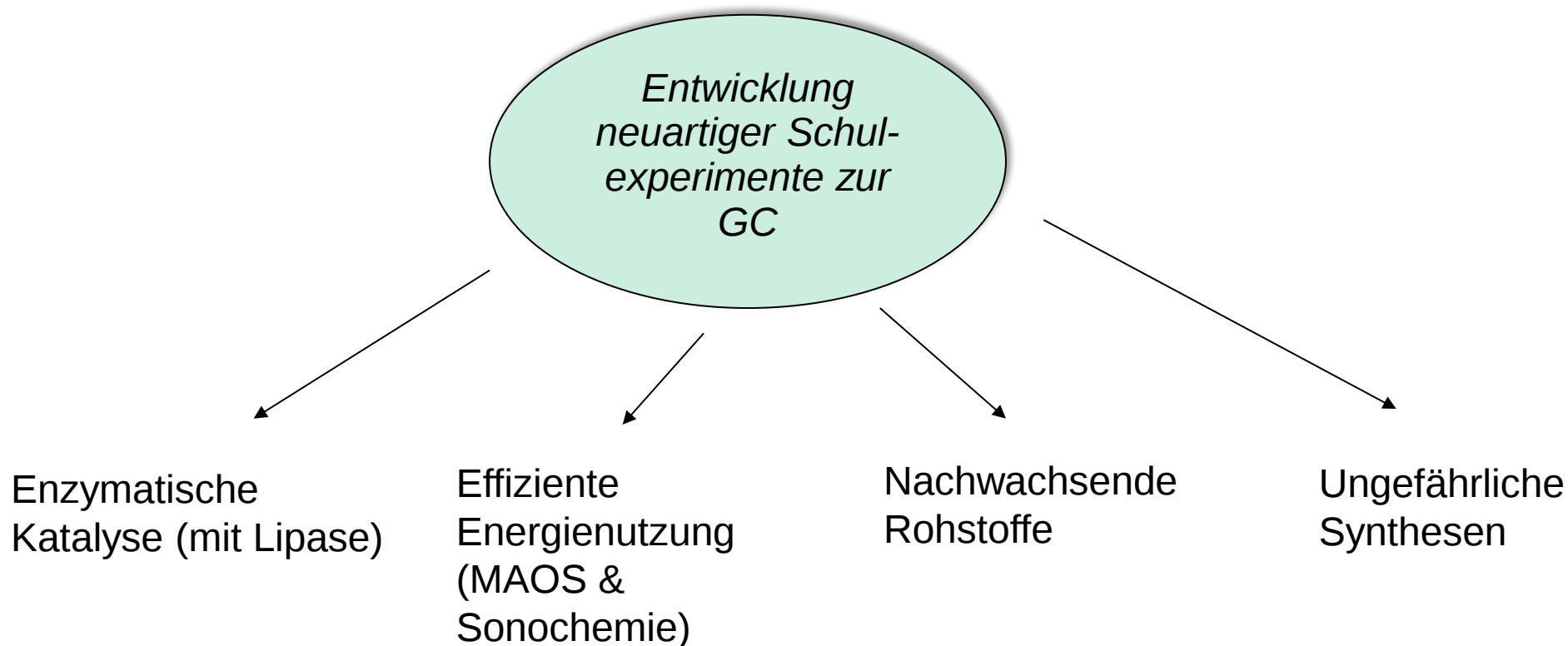
Bewertungsmetriken



(Linkwitz & Eilks, 2021)



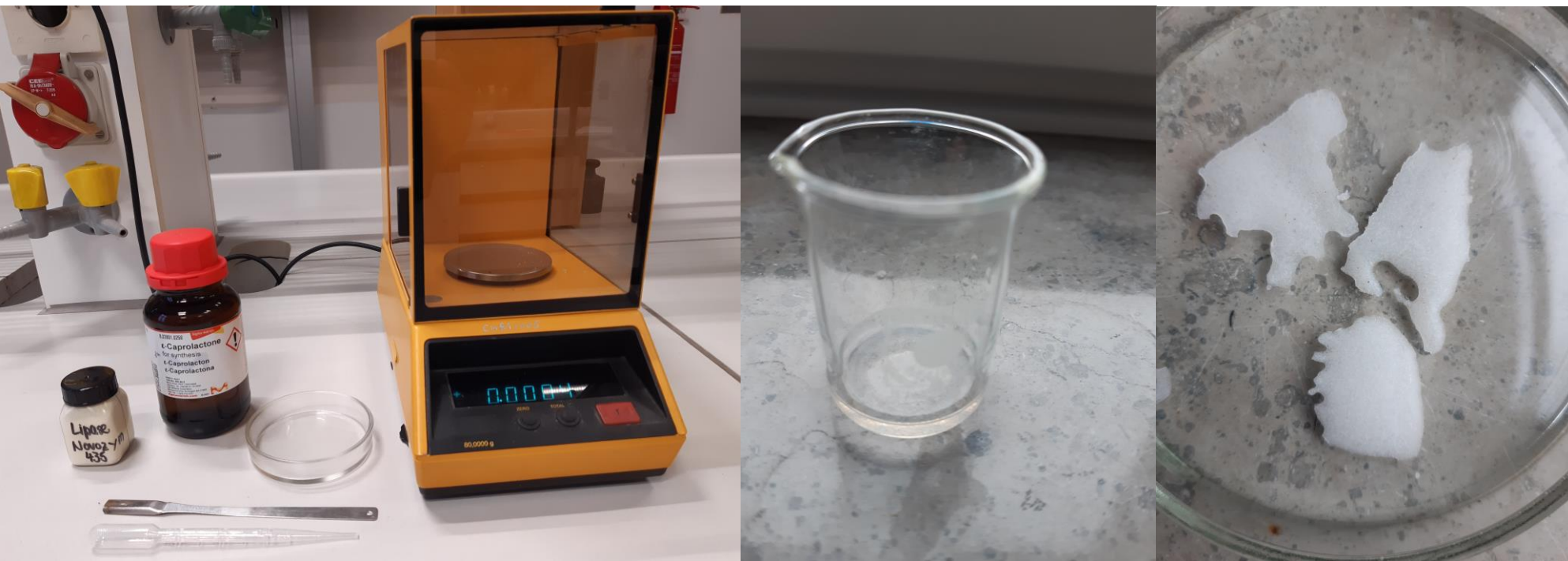
Das Experiment ist für den Chemieunterricht von zentraler Bedeutung, daher...



 ***Σ ca. 25 Versuche, davon ca. 20 zur GC***

Schulversuche zur GC (Auswahl)

- Enzymatische Synthese eines Fruchtesters mit Lipase
- Enzymatische Synthese eines Emollientesters mit Lipase
- Enzymatische Synthese eines Polyesters mit Lipase
- Ringöffnungspolymerisation (ROP) von ϵ -Caprolacton mit Lipase
- Synthese von Polymilchsäure (PLA)
- Mikrowellenunterstützte Synthese von Polyestern und Gewinnung ätherischer Öle
- Gewinnung von ätherischen Ölen mit Ultraschall
- Synthese von Biokunststoffen

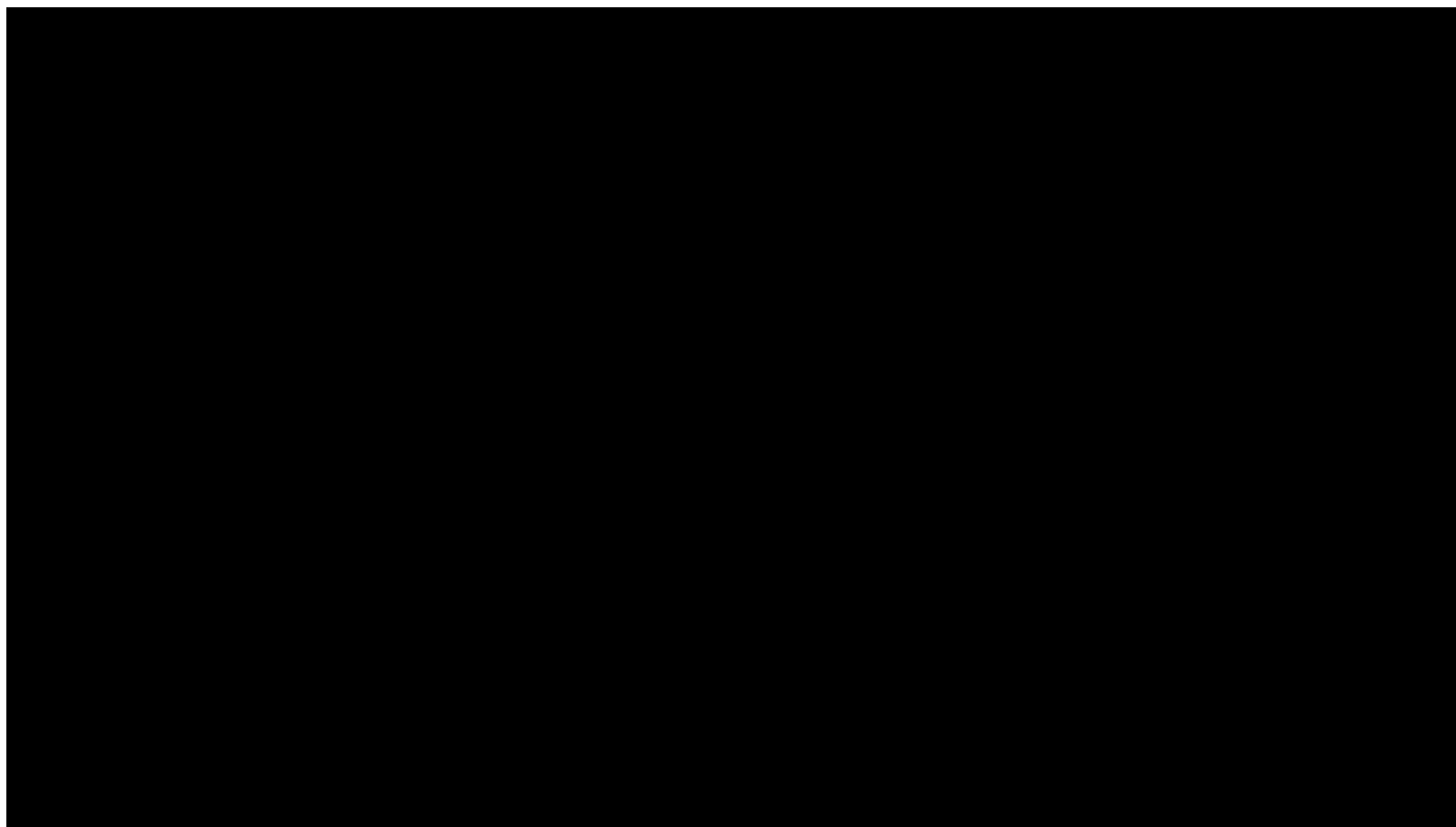


Übersicht der Unterrichtseinheit zur GC

Modul	Unterrichtsinhalt	Kerninhalte und Versuche (V)	Prinzipien der GC
1	Einführung in GC – die 12 Prinzipien und die Bedeutung nachhaltiger Entwicklung	Geschichtlicher Hintergrund: GC und die 12 Prinzipien	
2	Nachwachsende Rohstoffe (NR) und deren Bedeutung für GC	NR am Beispiel der Milchsäure (LA) V Gewinnung und Nachweis von LA	7, 1, 10
3	Bedeutung biotechnologischer Prozesse für GC	LA V Biotechnologische Gewinnung LA	9, 1, 3, 4
4	Bedeutung von Enzymen für GC	LCA V Enzymatische Synthese von Frucht- und Emollient-Estern	3, 5, 8, 9, 12
5	Anwendung verschiedener Prinzipien der GC	GC und Mikrowellen- und Sonochemie V Mikrowellensynthese von Estern V Extraktion ätherischer Öle mittels Sonochemie	6, 8, 12
6	Synthese und Verwendung von PLA	LCA von Kunststoffen Greenwashing V Enzymatische Synthese von Polyestern (z. B. PLA) V ROP von Caprolacton	1, 2, 3, 4, 9, 11, 12
7	Abschluss der Reihe	Produktion eines Werbevideos oder -plakats zu einem „grünen“ Produkt	



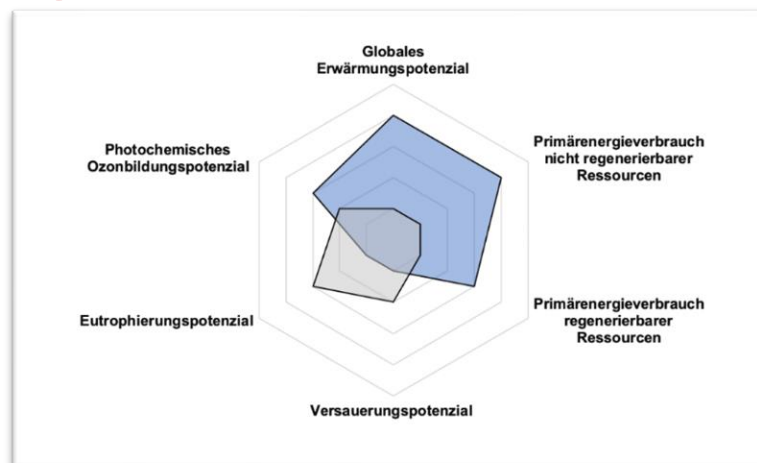
Einstieg: Was ist grüne Chemie?



Katalyse (mit Lipase)		Effiziente Energienutzung – Mikrowellentechnik (Unilever, Laurydone)		Effiziente Energienutzung – Sonochemie	
- Synthese von Estern (ABT Europe GmbH, Bell, Symrise, EVONIK) - ROP z. B. von ϵ-Caprolacton		- Synthese von Estern - Extraktion von ätherischen Ölen		Extraktion von ätherischen Ölen (W. Last manufactures: CBD, Restaxil)	
					
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
- Geringe Mengen - Recycling - Ungefährlich - Breites Anwendungsspektrum	- Recht teuer - Aufwändig - Recht zeitintensiv	- Geringer Zeitaufwand - Energieeinsparung - Modellcharakter	- Teuer - Haushaltsmikrowelle kritisch - Keine Gruppenarbeit	- Geringer Zeitaufwand - Energieeinsparung	- Teuer (Prozessor) - Geringes Anwendungsspektrum - Einfache Ultraschallbäder nicht geeignet

Theoretische Hintergründe – Bewertungsmetriken

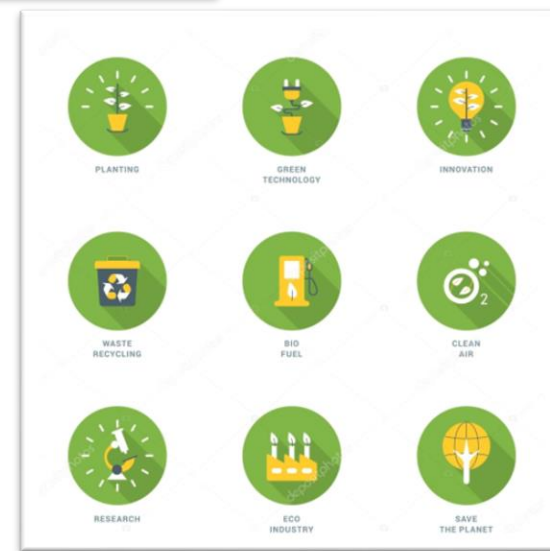
A) Adaption von
Spinnennetzdiagrammen auf Basis
einer **LCA (bzw. SLCA)**



B) Ampelsysteme

Kriterium	Bewertung		Produkt 1	Produkt 2
Ausgangsstoffe / Energie	Das Produkt besteht nicht aus nachwachsenden Rohstoffen oder nutzt keine erneuerbaren Energien.	Red		
	Das Produkt besteht teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen oder nutzt teilweise erneuerbare Energien.	Yellow		
	Das Produkt besteht aus nachwachsenden Rohstoffen oder nutzt erneuerbare Energien.	Green		

C) Scorecards: Die Schüler bewerten ein Produkt mit einer Score Card und vergeben “Audit labels” (z. B. Johnson & Johnson)

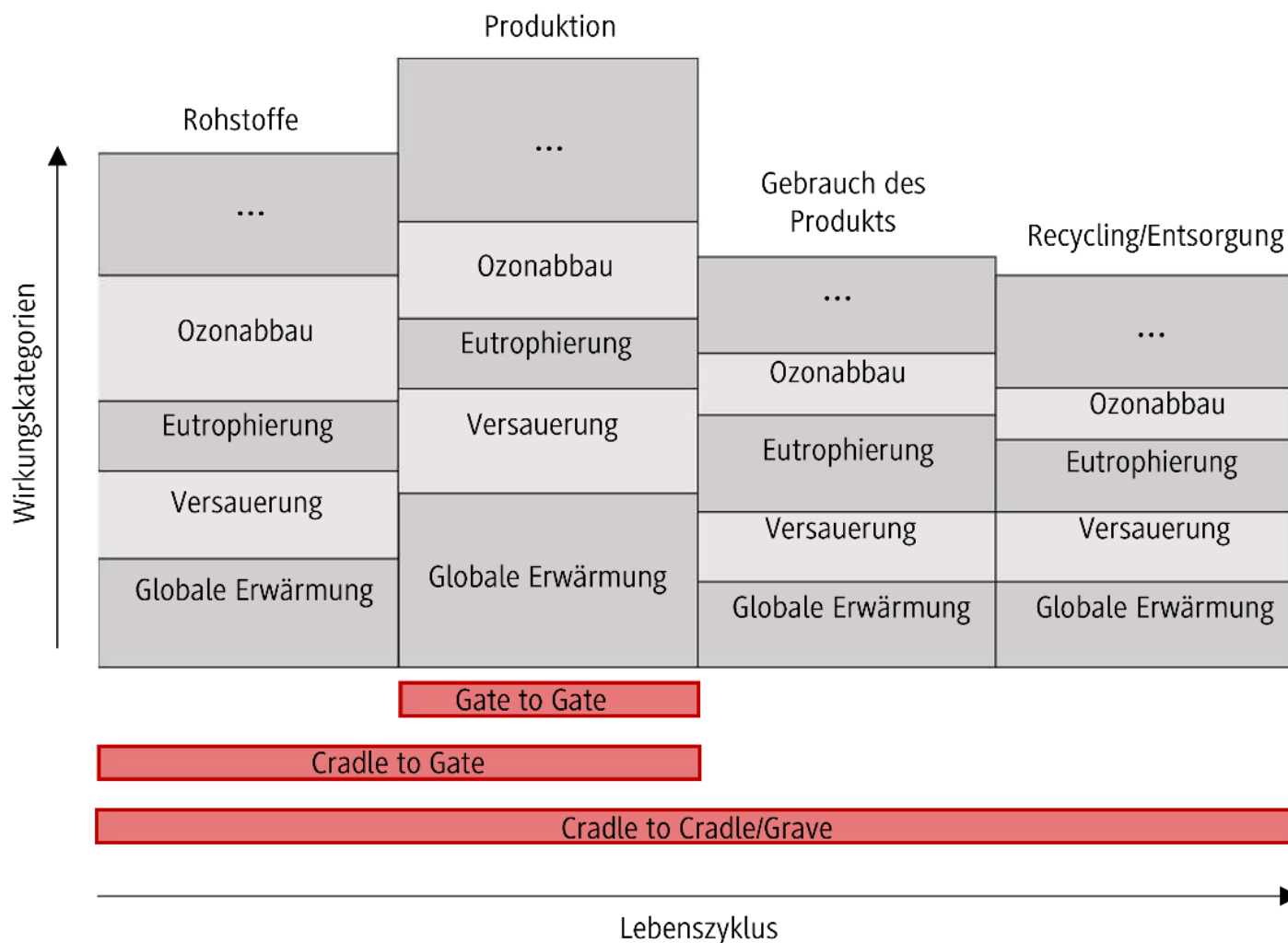


Hohe Relevanz (s. z. B. ISSB Frankfurt)

(Zowada et. al., 2020; Linkwitz et. al., 2021)

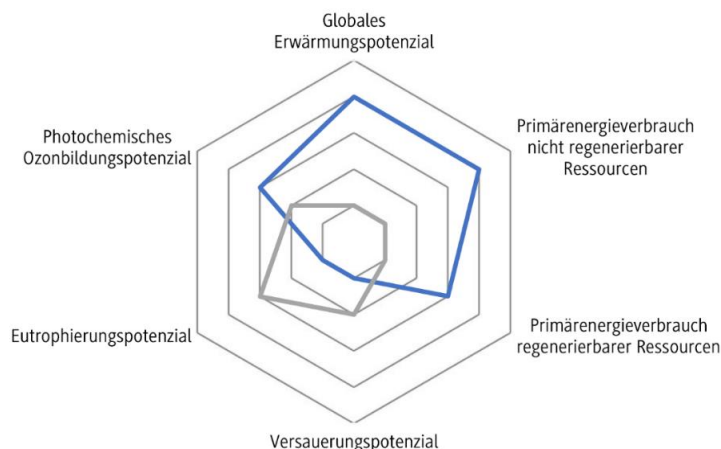
<https://de.depositphotos.com/113758880/stock-illustration-set-of-flat-design-ecology.htm>

LCA



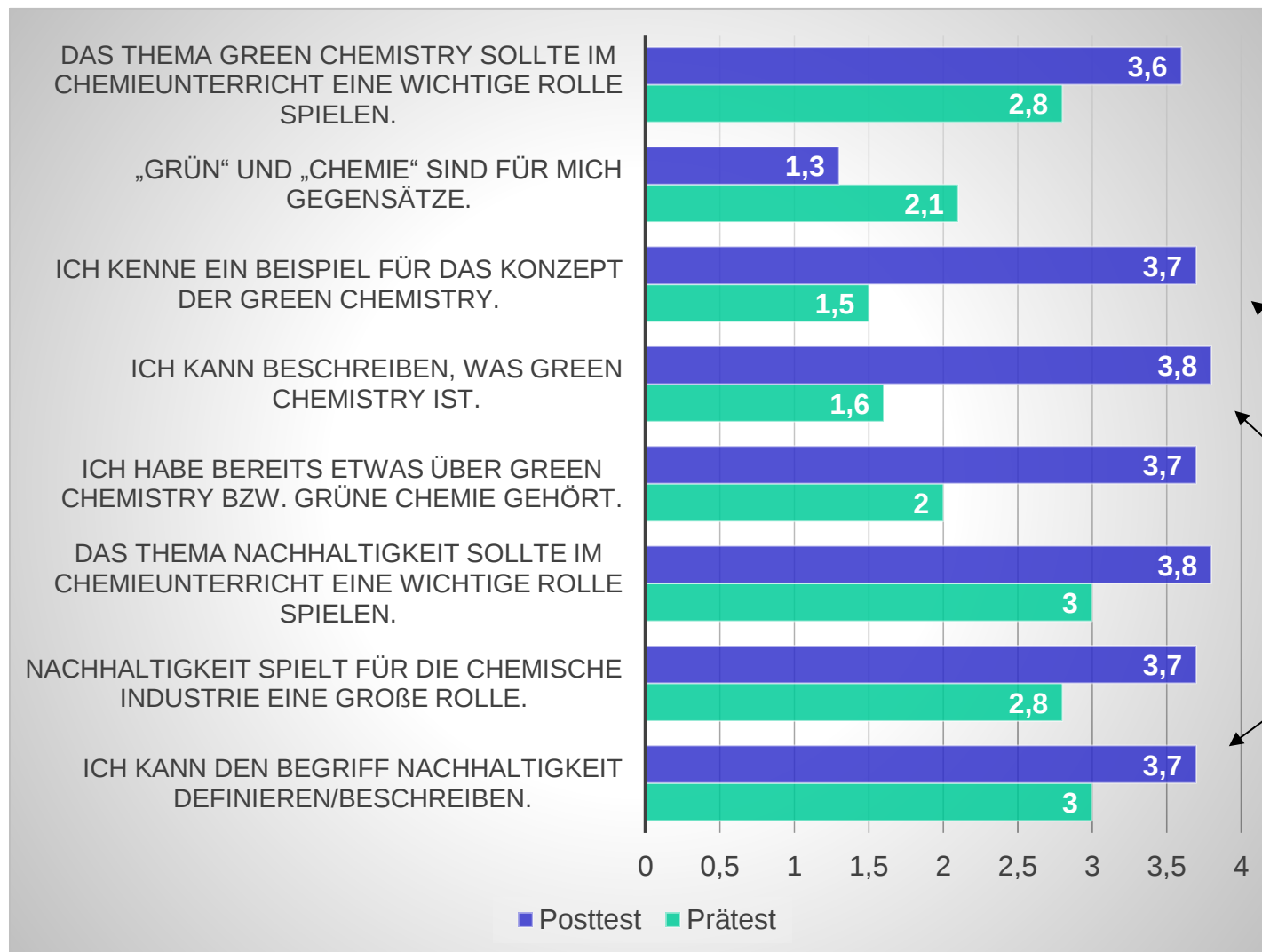
Nachhaltigkeit bewerten

Parameter der Lebenszyklusanalyse	PLA	PET
Globales Erwärmungspotenzial [kg CO ₂ -Äq. /kg]	1,5–2,1	3,4–4,9
Primärenergieverbrauch nicht regenerierbarer Ressourcen [MJ/kg]	40	81
Primärenergieverbrauch regenerierbarer Ressourcen [MJ/kg]	26,61	0,8
Versauerungspotenzial [kg SO ₂ -Äq./kg]	26–29	24
Eutrophierungspotenzial [kg PO ₄ -Äq./kg]	2,7	1,56
Photochemisches Ozonbildungspotenzial [kg Ethen-Äq./kg]	1,54–2	2,34





Erster PAR-Zyklus – Ergebnisse



Zugewinn
an
Kenntnissen
zur GC

(Weichelt, 2018)

Schülerperspektive (2016-2019)

- Höheres Interesse
- Zentrales Thema für CU
- Sehr aktuelles und wichtiges Thema
- Erkenntnisgewinn
- Positive Rückmeldung und Einstellung gegenüber SC im CU

„Nachhaltigkeit ist ein zentraler Aspekt der Chemie, deshalb muss sie im Chemieunterricht ausführlich behandelt werden.“

„Ich finde, das Thema sollte unbedingt stärker im Chemieunterricht eingebunden werden, da dies ein sehr aktuelles und wichtiges Thema ist.“

80% der SuS benennen 12 Prinzipien

	Prätest	Posttest
Relevanz von SC im CU?	6,6	8,6



Ergebnisse 2019-2021

- Größere Motivation (100%; N = 18)
- Kompetenzerwerb (UF, E, K, B)
- Zentrales Thema für CU
- Sehr aktuelles, alltagsrelevantes und wichtiges Thema
- Positive Rückmeldung und Einstellung gegenüber GC im CU

← Allerdings auch abhängig von der Art der Vermittlung und vom Lehrer (N = 2).

„Unbedingt!!! Grüne Chemie ist sehr wichtig und zukunftsweisend. Daher muss man schon in der Schule anfangen, die Grundlagen zu lehren, um leichter Lösungen für Probleme finden zu können...“

„Ja, definitiv sollte das Thema öfter im Unterricht eingebaut werden. Grüne Chemie bietet unserer Generation viele Möglichkeiten, wovon wir definitiv im Unterricht erfahren sollten.“

	Prätest	Posttest
Relevanz von GC im CU?	7,8 (6,6)	8,8 (8,6)



GC in der SI: „Cosmetics go green“

Schwerpunkte:

- Bedeutung nachhaltiger Entwicklung
- Ausgewählte Prinzipien der Green Chemistry
- Inhaltsstoffe von kosmetischen Produkten: **Polymere, Emollients, Duft- und Aromastoffe**, Nanomaterialien...
- Nachwachsende Rohstoffe
- Integration neuer Medien und Methoden (Analyse von Werbeaussagen)
- Entwicklung von Handlungsperspektiven
- Bewertung von Inhaltsstoffen
- Greenwashing: „Nachhaltigkeit, die unter die Haut geht“? (Zitat Evonik)
- Schulversuche zur GC:
 - Gewinnung und Synthese von Duftstoffen
 - (Bio)-Katalyse in der Synthesechemie
 - Mikrowellen- und Sonochemie als Bsp. für eine nachhaltige Synthesechemie

Konzeptionelle Grundlagen der Unterrichtsreihe „Cosmetics go green“

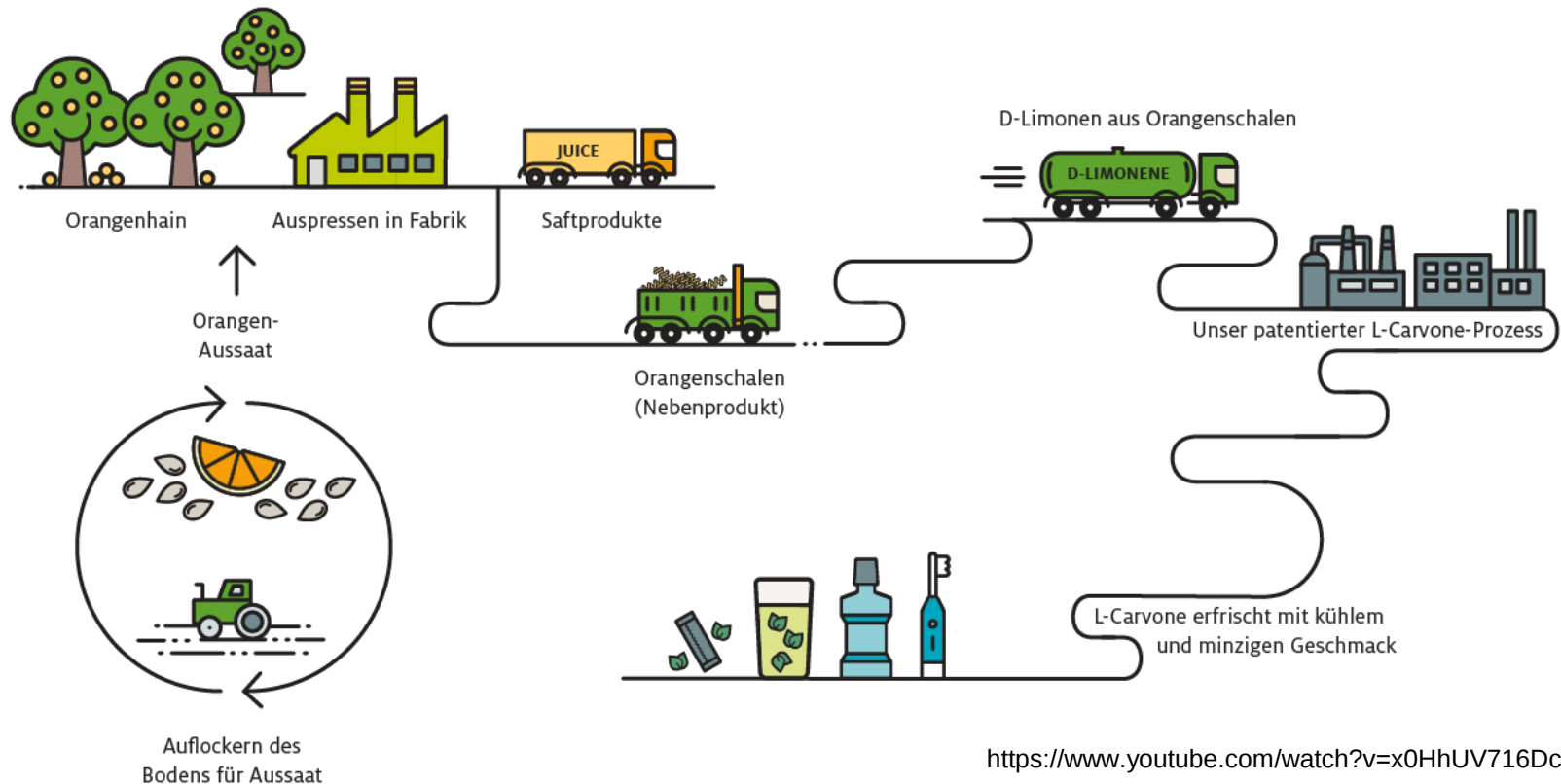
- Jahrgangsstufe: 8-10
- Zeitumfang: ca. 10-14 Stunden
- Inhaltsfelder: Organische Chemie,
Nachhaltigkeit, Struktur-
Eigenschaftsbeziehungen,
Stoffeigenschaften,
Katalysatoren, Trennverfahren



Linkwitz, M. & Eilks, I. (2022). Nachhaltige und grüne Chemie und ihre Bewertung in der SI – grüne kosmetische Chemie. RAABits Chemie

Kontext: Grüne Mundpflege

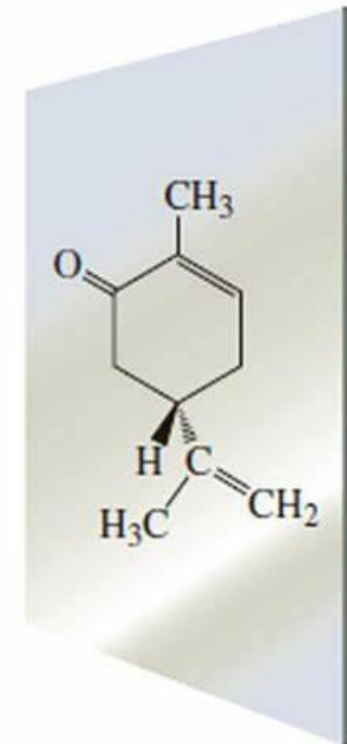
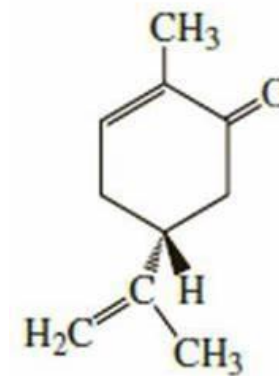
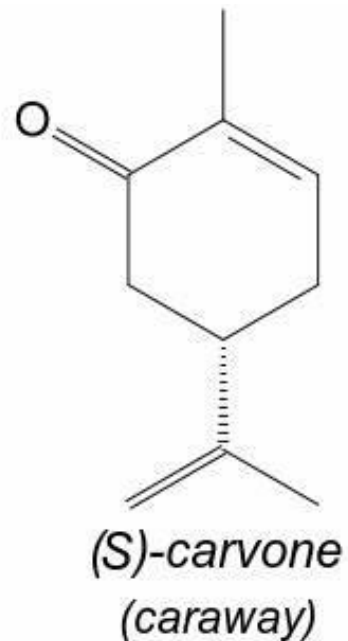
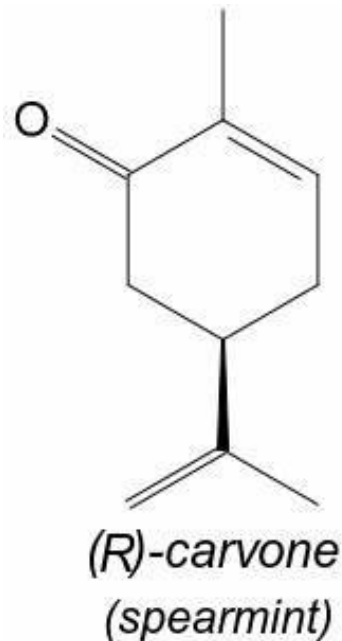
Wir schöpfen nachhaltig Wert aus Nebenprodukten



Warum aus Orangenschalen und nicht direkt aus Minze?

- Preis (Orangenöl: ca. 10 \$/kg; Minze: ca. 30\$/kg)
- Billige Abfallstoffe (4 Mill Tonnen/Jahr)

Exkurs: Duftstoffe und Chiralität



Geruchspröbe



Cosmetics go green

Stunde	Unterrichtsinhalte
1/2	Sammeln von Vorkenntnissen zum Begriff „grün“ und „nachhaltig“. Einführung in das Themenfeld Grüne Chemie
3	Die Gewinnung von Carvon: Grüne Mundpflege Einführung in ein Stationenlernen zu „grünen Prozessen“ bei der Synthese von L-Carvon
4-7	<u>Stationsarbeit:</u> • <i>Nachwachsende Rohstoffe in der GC am Beispiel von Orangenschalen</i> • <i>Nachhaltige Gewinnung von ätherischen Ölen aus Orangenschalen (Versuche)</i> • <i>Biotechnologie und Enzyme (Modellversuche)</i> • <i>Mikrowellen- und Ultraschalltechnik (Modellversuche)</i>
8/9	Zusammenfassung der Ergebnisse: Was heißt nun eigentlich Nachhaltige bzw. Grüne Chemie?
10/11	Wie bewertet man, ob ein Produkt/Prozess tatsächlich nachhaltiger als ein vergleichbares Produkt ist? Exkurs Greenwashing



Cosmetics go green – Stationenlernen

Stationen (Bezug zum Material)	Inhalte	Material
Nachwachsende Rohstoffe (Orangenschalen)	Bedeutung der NR für die chemische Industrie und der Grünen Chemie.	M5
Gewinnung ätherischer Öle (Limonen aus Orangenschalen)	Grüne Prinzipien bei der Gewinnung ätherischer Öle. Durchführung von einfachen Destillationen.	M7
Mikrowellen- und Ultraschalltechnik (Gewinnung ätherischer Öle)	Bedeutung dieser Techniken für die chemische Industrie und der Grünen Chemie und Vergleich zu den klassischen Verfahren (s. Station 2). Modellversuch zur Mikrowellentechnik.	M9 & M10
Katalyse und Enzyme (Patentierter Carvon-Prozess)	Bedeutung von Enzymen für die Grüne Chemie. Modellversuche zur Enzymatik.	M6 & M8



Schul-Versuche zur GC in SI

- Einfache (Wasserdampf)-Destillationen zur Gewinnung ätherischer Öle (Carvon und Limonen) aus Orangenschalen, Kümmel und Minze oder aus Kümmelsamen (Kochen und Kondensieren)
- Ggf. DC ätherischer Öle
- Modellversuche mit Enzymen
- Ggf.: Enzymatische Synthese eines Frucht- oder Emollientesters mit Lipase
- Gewinnung von Orangenöl in der Mikrowelle
- Synthese eines Polyesters in der Mikrowelle
- Gewinnung von ätherischen Ölen mit Ultraschall (LV)

Einstieg: Was ist grüne Chemie?



INDUSTRIEPROZESSE

SO WIRD CHEMIE GRÜNER

Weniger ist mehr: Chemiker und Ingenieure trimmen Produktionsprozesse seit Jahrzehnten auf Qualität, Produktmenge und Effizienz. Jetzt setzen die Experten zusätzlich auf Nachhaltigkeit – das schont die Umwelt und spart zudem Produktionskosten. Zwei Beispiele bei Bayer zeigen wie das gelingt.



Bayer Research,
September 2019

Methode: Kooperative Lernformen:

Gruppenarbeit (Rollenspiel)

Hier: **Gründung eines
Start-up-Unternehmens:**

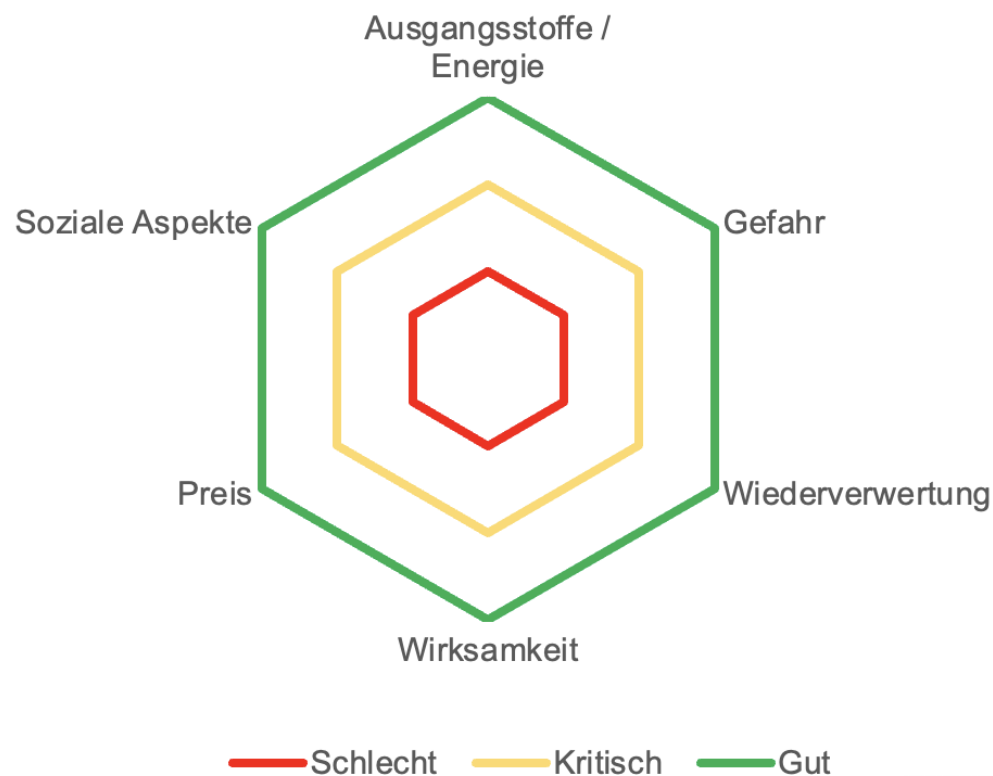
- Entwicklung von Werbeslogans
- Arbeitsaufträge bearbeiten
- Der Pitch eures Lebens –
Kurzvorträge
- Instagram-Post
- Bewertung – Erstellung eines
„Nachhaltigkeitsberichts“

An die Forschungsabteilung - im Hause -			
Kunde	Zeichen	Datum	Cosma Etica Vorstand
Eigen	S-17/01	1. September	Leobener Straße 28359 Bremen
Betreff: Herstellung des Aromastoffs Carvon			Telefon (0421) 218 – 63545454 Fax (0421) 218 - 5768968 eMail c.etica@green-cosmetics.de
Liebe Mitgründer unseres Start-Up Unternehmens „Green Cosmetics“,			

Nachhaltigkeit bewerten - Ampelsysteme

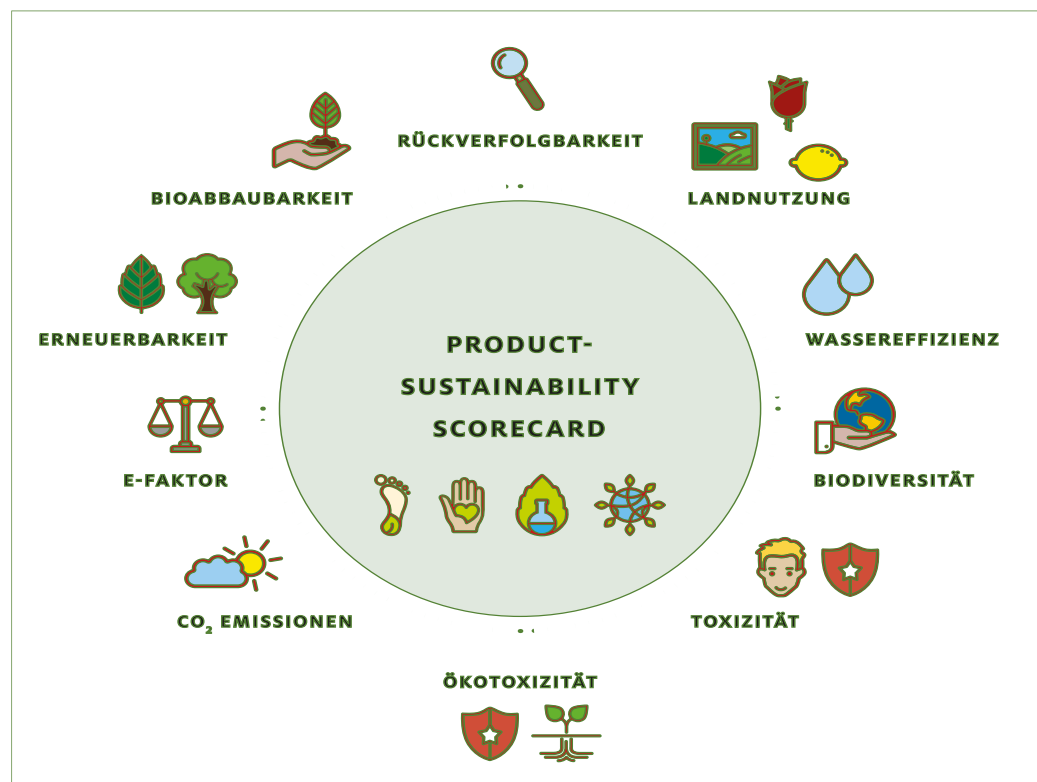
Kriterium	Bewertung		Produkt 1	Produkt 2
Ausgangsstoffe / Energie	Das Produkt besteht nicht aus nachwachsenden Rohstoffen oder nutzt keine erneuerbaren Energien.			
	Das Produkt besteht teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen oder nutzt teilweise erneuerbare Energien.			
	Das Produkt besteht aus nachwachsenden Rohstoffen oder nutzt erneuerbare Energien.			
Gefahr	Das Produkt und die Herstellung sind gefährlich für die Menschen und die Umwelt.			
	Das Produkt und die Herstellung können gefährlich für die Menschen und die Umwelt sein.			
	Das Produkt und die Herstellung sind nicht gefährlich für die Menschen und die Umwelt.			
Wiederverwertung	Das Produkt lässt sich stofflich nicht recyceln.			
	Das Produkt lässt sich stofflich teilweise recyceln.			
	Das Produkt lässt sich stofflich gut recyceln.			

Nachhaltigkeit bewerten - Ampelsysteme



Diagramm

Abschluss: Nachhaltigkeit bewerten - von Scorecards und Labeln



Exkurs Greenwashing



Fortführung...

- Stofftrennung und Recycling
- Textilien
- Verpackungen & Kunststoffe
- Duftstoffe
- Farbstoffe
- Kritische Rohstoffe
- Nanomaterialien
- Tenside (surfactants)

→ ***Nachhaltigkeitscurriculum SI***



Zusammenfassung

- Viele SDGs nicht ohne die grüne (nachhaltige) Chemie realisierbar
- Umsetzung zentraler Ziele der Agenda 2030 und der Bildungsstandards Chemie
- Positive Wahrnehmung bei SuS – Förderung der Motivation und des Interesses am Fach Chemie
- Fachübergreifende und fächerverbindende Umsetzungsmöglichkeiten
- Integration von GC in den CU bietet Möglichkeit, andere Fachperspektiven zu integrieren (soziale, ökonomische Aspekte, z. B. durch LCA)
- Stärkere Gewichtung der Kompetenzbereiche Kommunikation und Bewertung
- Partnerschaften zur Erreichung der Ziele sinnvoll und möglich (Evonik, Merck, Bayer)
- Ausweitung auf weitere Inhaltsfelder und auch auf die SI möglich



Ausblick

- Ausarbeitung weiterer Themen zur GC in SII, z. B.
 - E-Mobilität; Kritische Rohstoffe; Green Plastics; Green Pharmacology; Farbstoffe
- Ausweitung auf SI, z. B.
 - Green Cosmetics; Nachhaltiger Umgang mit Stoffen (Stoffeigenschaften); Kritische Metalle; Nachhaltige Nutzung von Rohstoffen
- Curricula zur nachhaltigen und grünen Chemie sowohl in SII als auch SI denkbar und möglich
- Stärkere Verzahnung von Schule, Universitäten und Unternehmen
- Ausarbeitung weiterer Schulversuche zur GC

***Einbindung von SC und GC in
CU essentiell, zukunftsfähig,
anderer Blick auf Chemie,
Fachübergreifend und
fächerverbindend, motivierend,
problembasiert, relevant, ...***



Vielen Dank

Ich bedanke mich beim Bayer Schulförderprogramm Science@School, bei Anton Paar, bei Merck und bei Evonik für die finanzielle und experimentelle Unterstützung meiner Arbeit